

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-180725

(P2000-180725A)

(43)公開日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(51)Int.Cl.
G02B 15/20
13/18

識別記号

F I
G02B 15/20
13/18

テーマコード (参考)
2H087

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全16頁)

(21)出願番号

特願平10-362925

(22)出願日

平成10年12月21日(1998.12.21)

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル

(72)発明者 山本 康

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

(74)代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

Fターム(参考) 2H087 KA02 PA08 PB09 QA02 QA17

QA21 QA26 QA38 QA41 QA45

RA05 RA12 RA13 SA23 SA27

SA29 SA33 SA62 SA63 SA64

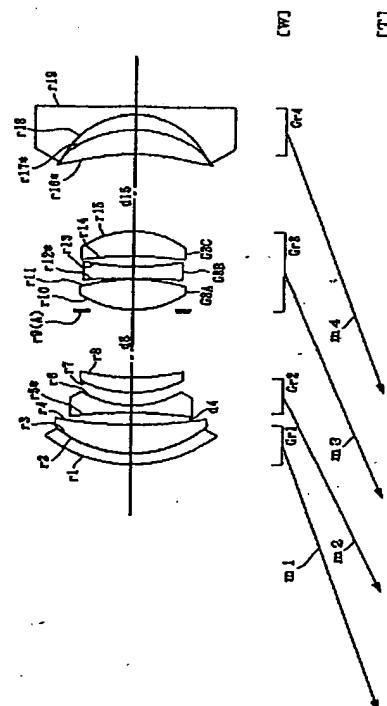
SA65 SB03 SB13 SB24 SB33

(54)【発明の名称】ズームレンズ

(57)【要約】

【課題】 小型で4.5~6倍程度の高ズーム比を有するズームレンズを提供する。

【解決手段】 物体側より順に、正の第1群(Gr1)，負の第2群(Gr2)，正の第3群(Gr3)，負の第4群(Gr4)から成り、ワイド端[W]からテレ端[T]へのズーミングにおいて、各群が物体側に移動する。第1群(Gr1)は2枚のレンズから成り、第3群(Gr3)は正レンズ(G3A)，負レンズ(G3B)，正レンズ(G3C)から成る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであって、前記第1群が2枚のレンズで構成されており、前記第3群が、物体側から順に、正のパワーを有するレンズと、負のパワーを有するレンズと、正のパワーを有するレンズと、で構成されていることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 更に以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ；

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W < -3.0$$

ただし、

f_W ：ワイド端での全系の焦点距離、

f_T ：テレ端での全系の焦点距離、

f_2 ：第2群の焦点距離、

である。

【請求項3】 更に以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ；

$$1.55 < (\beta_{4T} / \beta_{4W}) / (\beta_{2T} / \beta_{2W}) < 2.2$$

ただし、

β_{2W} ：ワイド端での第2群の横倍率、

β_{2T} ：テレ端での第2群の横倍率、

β_{4W} ：ワイド端での第4群の横倍率、

β_{4T} ：テレ端での第4群の横倍率、

である。

【請求項4】 前記第3群を構成している物体側の正レンズと、その像側に位置する負レンズとが、接合レンズを構成していることを特徴とする請求項1、請求項2又は請求項3記載のズームレンズ。

【請求項5】 物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであって、前記第3群が3枚以上のレンズで構成されており、更に以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W < -3.0$$

ただし、

f_W ：ワイド端での全系の焦点距離、

f_T ：テレ端での全系の焦点距離、

f_2 ：第2群の焦点距離、

である。

【請求項6】 更に以下の条件式を満足することを特徴とする請求項5記載のズームレンズ；

$$1.55 < (\beta_{4T} / \beta_{4W}) / (\beta_{2T} / \beta_{2W}) < 2.2$$

ただし、

β_{2W} ：ワイド端での第2群の横倍率、

β_{2T} ：テレ端での第2群の横倍率、

β_{4W} ：ワイド端での第4群の横倍率、

β_{4T} ：テレ端での第4群の横倍率、

である。

【請求項7】 物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであって、更に以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$10. 1.55 < (\beta_{4T} / \beta_{4W}) / (\beta_{2T} / \beta_{2W}) < 2.2$$

ただし、

β_{2W} ：ワイド端での第2群の横倍率、

β_{2T} ：テレ端での第2群の横倍率、

β_{4W} ：ワイド端での第4群の横倍率、

β_{4T} ：テレ端での第4群の横倍率、

である。

【請求項8】 物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、を少なくとも有する4つ以上の可動群で

構成されたズームレンズであって、前記第3群が3枚以上のレンズで構成されており、更に以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W < -3.0$$

ただし、

f_W ：ワイド端での全系の焦点距離、

f_T ：テレ端での全系の焦点距離、

f_2 ：第2群の焦点距離、

である。

【請求項9】 物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、を少なくとも有する4つ以上の可動群で

構成されたズームレンズであって、更に以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$1.55 < (\beta_{4T} / \beta_{4W}) / (\beta_{2T} / \beta_{2W}) < 2.2$$

$$2.0 < \beta_{4T} / \beta_{4W} < 4.0$$

ただし、

β_{2W} ：ワイド端での第2群の横倍率、

β_{2T} ：テレ端での第2群の横倍率、

β_{4W} ：ワイド端での第4群の横倍率、

β_{4T} ：テレ端での第4群の横倍率、

である。

【請求項10】 前記第3群が3枚以上のレンズで構成されていることを特徴とする請求項9記載のズームレンズ。

【請求項11】 前記第3群が、物体側から順に、正のパワーを有するレンズと、負のパワーを有するレンズと、正のパワーを有するレンズと、で構成されていることを特徴とする請求項7、請求項8又は請求項9記載のズームレンズ。

50 【請求項12】 前記第1群と前記第4群が、ワイド端

からテレ端へのズーミングにおいて一体に移動することを特徴とする請求項1、請求項5、請求項7、請求項8又は請求項9記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はズームレンズに関するものであり、例えば、レンズシャッターカメラ用の撮影レンズとして好適な小型で高変倍のズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】レンズシャッターカメラ用ズームレンズのコンパクト化と高倍率化を達成するために、正・正・負の3群構成や正・負・正・負の4群構成が従来より各種提案されている。例えば、特開昭63-43115号公報で提案されているズームレンズでは、正・負・正・負の4群構成をとることにより各群にかかる変倍負担を分散し、その結果、3倍程度のズーム比を達成している。また、特開平6-26578号公報で提案されているズームレンズでは、正・負・正・負の4群構成に非球面を多用することにより、4倍を超えるズーム比を達成している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特開昭63-43115号公報で提案されているズームレンズは、ズームレンズの構成枚数が多く、高倍率化と言う点でも十分な性能を達成しているとは言えない面がある。また、特開平6-26578号公報で提案されているズームレンズでは、変倍時の移動量、全長が大きく、コンパクト化という点で十分な性能を達成しているとは言えない面がある。

【0004】本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであって、4、5倍から6倍程度のズーム比を有し、小型で高倍率なズームレンズを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、第1の発明のズームレンズは、物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであつて、前記第1群が2枚のレンズで構成されており、前記第3群が、物体側から順に、正のパワーを有するレンズと、負のパワーを有するレンズと、正のパワーを有するレンズと、で構成されていることを特徴とする。

【0006】第2の発明のズームレンズは、上記第1の発明の構成において、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$-5.0 < fT \times f2 / fw^l < -3.0$$

ただし、

fW ：ワイド端での全系の焦点距離、
 fT ：テレ端での全系の焦点距離、
 $f2$ ：第2群の焦点距離、
 である。

【0007】第3の発明のズームレンズは、上記第1の発明の構成において、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$1.55 < (\beta 4T / \beta 4W) / (\beta 2T / \beta 2W) < 2.2$$

ただし、

10 $\beta 2W$ ：ワイド端での第2群の横倍率、
 $\beta 2T$ ：テレ端での第2群の横倍率、
 $\beta 4W$ ：ワイド端での第4群の横倍率、
 $\beta 4T$ ：テレ端での第4群の横倍率、
 である。

【0008】第4の発明のズームレンズは、上記第1、第2又は第3の発明の構成において、前記第3群を構成している物体側の正レンズと、その像側に位置する負レンズとが、接合レンズを構成していることを特徴とする。

20 【0009】第5の発明のズームレンズは、物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであつて、前記第3群が3枚以上のレンズで構成されており、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$-5.0 < fT \times f2 / fw^l < -3.0$$

ただし、

30 fW ：ワイド端での全系の焦点距離、
 fT ：テレ端での全系の焦点距離、
 $f2$ ：第2群の焦点距離、
 である。

【0010】第6の発明のズームレンズは、上記第5の発明の構成において、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$1.55 < (\beta 4T / \beta 4W) / (\beta 2T / \beta 2W) < 2.2$$

ただし、

$\beta 2W$ ：ワイド端での第2群の横倍率、

40 $\beta 2T$ ：テレ端での第2群の横倍率、
 $\beta 4W$ ：ワイド端での第4群の横倍率、
 $\beta 4T$ ：テレ端での第4群の横倍率、
 である。

【0011】第7の発明のズームレンズは、物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、負のパワーを有する第4群と、から成り、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて前記各群が物体側に移動するズームレンズであつて、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$1.55 < (\beta_{4T}/\beta_{4W}) / (\beta_{2T}/\beta_{2W}) < 2.2$$

ただし、

β_{2W} : ワイド端での第2群の横倍率、

β_{2T} : テレ端での第2群の横倍率、

β_{4W} : ワイド端での第4群の横倍率、

β_{4T} : テレ端での第4群の横倍率、

である。

【0012】第8の発明のズームレンズは、物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズであって、前記第3群が3枚以上のレンズで構成されており、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$-5.0 < fT \times f2/fW^2 < -3.0$$

ただし、

fW : ワイド端での全系の焦点距離、

fT : テレ端での全系の焦点距離、

$f2$: 第2群の焦点距離、

である。

【0013】第9の発明のズームレンズは、物体側より順に、正のパワーを有する第1群と、負のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群と、を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズであって、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$1.55 < (\beta_{4T}/\beta_{4W}) / (\beta_{2T}/\beta_{2W}) < 2.2$$

$$2.0 < \beta_{4T}/\beta_{4W} < 4.0$$

ただし、

β_{2W} : ワイド端での第2群の横倍率、

β_{2T} : テレ端での第2群の横倍率、

β_{4W} : ワイド端での第4群の横倍率、

β_{4T} : テレ端での第4群の横倍率、

である。

【0014】第10の発明のズームレンズは、上記第9の発明の構成において、前記第3群が3枚以上のレンズで構成されていることを特徴とする。

【0015】第11の発明のズームレンズは、上記第7、第8又は第9の発明の構成において、前記第3群が、物体側から順に、正のパワーを有するレンズと、負のパワーを有するレンズと、正のパワーを有するレンズと、で構成されていることを特徴とする。

【0016】第12の発明のズームレンズは、上記第1、第5、第7、第8又は第9の発明の構成において、前記第1群と前記第4群が、ワイド端からテレ端へのズーミングにおいて一体に移動することを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施したズームレンズを、図面を参照しつつ説明する。図1～図5は、第1～第5の実施の形態のズームレンズにそれぞれ対応するレンズ構成図であり、ワイド端[W]でのレンズ配置を

示している。各レンズ構成図中の矢印 m_j ($j=1, 2, 3, 4$)は、ワイド端[W]からテレ端[T]へのズーミングにおける第j群(Grj)の移動をそれぞれ模式的に示している。また、各レンズ構成図中、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$)が付された面は物体側から数えてi番目の面であり、 r_i に*印が付された面は非球面である。 d_i ($i=1, 2, 3, \dots$)が付された軸上面間隔は、物体側から数えてi番目の軸上面間隔のうち、ズーミングにおいて変化する群間隔である。

【0018】第1～第5の実施の形態は、物体側より順に、正のパワーを有する第1群(Gr1)と、負のパワーを有する第2群(Gr2)と、正のパワーを有する第3群(Gr3)と、負のパワーを有する第4群(Gr4)と、から成り、ワイド端[W]からテレ端[T]へのズーミングにおいて各群(Gr1～Gr4)が物体側に移動するズームレンズである。いずれの実施の形態においても、第2群(Gr2)と第3群(Gr3)との間には、第3群(Gr3)と共にズーム移動する絞り(A)が配置されている。

【0019】第1の実施の形態(図1)において、各群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第2群(Gr2)は、両凹の負レンズ(物体側面が非球面)と、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3群(Gr3)は、両凸の正レンズ(G3A)と、両凹の負レンズ(G3B、物体側面が非球面)と、物体側に凹の正メニスカスレンズ(G3C)と、で構成されている。第4群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(両面が非球面)と、物体側に凹の平凹レンズと、で構成されている。

【0020】第2の実施の形態(図2)において、各群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズとから成る接合レンズで構成されている。第2群(Gr2)は、両凹の負レンズ(物体側面が非球面)と、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3群(Gr3)は、両凸の正レンズ(G3A)と、両凹の負レンズ(G3B、両面が非球面)と、物体側に凹の正メニスカスレンズ(G3C)と、で構成されている。第4群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(両面が非球面)と、物体側に凹の平凹レンズと、で構成されている。

【0021】第3の実施の形態(図3)において、各群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズとから成る接合レンズで構成されている。第2群(Gr2)は、両凹の負レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3群(Gr3)は、両凸の正レンズ(G3A)と、像側に凹の負メニスカスレンズ(G3B、物体側面が非球面)と、像側に凸の正メニスカスレンズ(G3C)と、で構成されている。第4群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(両面が非

球面)と、物体側に凹の平凹レンズと、で構成されている。

【0022】第4の実施の形態(図4)において、各群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズとから成る接合レンズで構成されている。第2群(Gr2)は、両凹の負レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3群(Gr3)は、両凸の正レンズ(G3A)と両凹の負レンズ(G3B)とから成る接合レンズと、両凸の正レンズ(G3C、像側面が非球面)と、で構成されている。第4群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(両面が非球面)と、物体側に凹の平凹レンズと、で構成されている。

【0023】第5の実施の形態(図5)において、各群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズとから成る接合レンズで構成されている。第2群(Gr2)は、両凹の負レンズ(物体側面が非球面)と、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3群(Gr3)は、両凸の正レンズ(G3A)と、像側に凹の負メニスカスレンズ(G3B、物体側面が非球面)と、両凸の正レンズ(G3C)と、で構成されている。第4群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(両面が非球面)と、物体側に凹の平凹レンズと、で構成されている。この第5の実施の形態では、ズーミング中に第1群(Gr1)と第4群(Gr4)とが一体に移動する。第1群(Gr1)と第4群(Gr4)とを一体的に可動な構成にすることにより、鏡胴構成が容易になる。

【0024】いずれの実施の形態も第1群(Gr1)が2枚のレンズで構成されており、更に第2～第5の実施の形態ではその2枚のレンズが接合レンズを構成している。また、いずれの実施の形態も第3群(Gr3)が、正レンズ(G3A)、負レンズ(G3B)及び正レンズ(G3C)から成り、更に第4の実施の形態では正レンズ(G3A)と負レンズ(G3B)とが接合レンズを構成している。第2～第5の実施の形態における第1群(Gr1)や第4の実施の形態における第3群(Gr3)のように、正レンズと負レンズとで接合レンズを構成することにより、取り扱いや玉枠構成が簡単になる。また、空気間隔が必要ないのでコンパクト化を達成する上で有利になる。

【0025】各実施の形態のように、物体側より順に、正のパワーを有する第1群(Gr1)と、負のパワーを有する第2群(Gr2)と、正のパワーを有する第3群(Gr3)と、を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズでは、第3群(Gr3)が、物体側から順に、正のパワーを有するレンズ(G3A)と、負のパワーを有するレンズ(G3B)と、正のパワーを有するレンズ(G3C)と、で構成されることが望ましい。第3群(Gr3)をこのように構成することにより、第3群(Gr3)での軸外の倍率色収差を良好に補正することができる。

【0026】各実施の形態のように、物体側から正・負・正のレンズ群(Gr1～Gr3)を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズにおいては、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$-5.0 < fT \times f2 / fW' < -3.0 \quad \dots(1)$$

ただし、

fW ：ワイド端[W]での全系の焦点距離、

fT ：テレ端[T]での全系の焦点距離、

$f2$ ：第2群(Gr2)の焦点距離、

10 である。

【0027】条件式(1)は、レンズ系の高変倍化とコンパクト化との両立を図るために条件範囲を、変倍比に対する第2群(Gr2)の焦点距離の比で規定している。条件式(1)の上限を超えると、第2群(Gr2)の焦点距離が長くなるため、高変倍を保ちながらレンズ系の全長を小型化することが困難になる。逆に、条件式(1)の下限を超えると、第2群(Gr2)の焦点距離が短くなり、第2群(Gr2)で発生する軸外のフレアの補正が困難になる。

【0028】また各実施の形態のように、物体側から正・負・正のレンズ群(Gr1～Gr3)を少なくとも有する4つ以上の可動群で構成されたズームレンズにおいては、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$1.55 < (\beta 4T / \beta 4W) / (\beta 2T / \beta 2W) < 2.2 \quad \dots(2)$$

ただし、

$\beta 2W$ ：ワイド端[W]での第2群(Gr2)の横倍率、

$\beta 2T$ ：テレ端[T]での第2群(Gr2)の横倍率、

$\beta 4W$ ：ワイド端[W]での第4群(Gr4)の横倍率、

$\beta 4T$ ：テレ端[T]での第4群(Gr4)の横倍率、

である。

30 【0029】条件式(2)は、レンズ系の高変倍化とコンパクト化を最適化するための条件範囲を、第2群(Gr2)での変倍比と第4群(Gr4)での変倍比との比率で規定している。正・負・正・負の4群構成を有する一般的なズームレンズ(特開昭63-43115号等)では、主に第2群(Gr2)で変倍を行う割合が高くなる傾向にある。本発明では第4群(Gr4)の変倍負担をやや増やすことにより、レンズ全長の小型化を図っている。条件式(2)の上限を超えると、第4群(Gr4)の変倍負担が高くなり過ぎるため、第4群(Gr4)でテレ、ワイド時の軸上と軸外の収差を良好にバランスさせることができなくなる。逆に、条件式(2)の下限を超えると全長が大型化する。したがって、コンパクト化という点で好ましくない。

【0030】更に以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$2.0 < \beta 4T / \beta 4W < 4.0 \quad \dots(3)$$

【0031】条件式(3)は、第4群(Gr4)の変倍比を規定している。条件式(3)の上限を超えると第4群(Gr4)の変倍負担が高くなり、第4群(Gr4)でテレ、ワイド時の軸上と軸外の収差を良好にバランスさせることが困難になる。逆に、条件式(3)の下限を超えると全長が大型化す

50 50

る。したがって、コンパクト化という点で好ましくない。

【0032】また、第1～第3、第5の実施の形態のように、第3群(Gr3)の負レンズ(G3B)に非球面を少なくとも1面用いることが望ましい。特に、負レンズ(G3B)の物体側面に非球面を設けることが、良好な性能を確保する上で有効である。なお、負レンズ(G3B)の最物体側面の非球面は、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$-0.02 < \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} < 0 \quad \cdots (4)$$

ただし、

ϕ_3 : 第3群(Gr3)のパワー、

N : 非球面の物体側媒質の屈折率、

N' : 非球面の像側媒質の屈折率、

$x(y)$: 非球面の面形状、

$x_0(y)$: 非球面の参照球面形状、

であり、 $x(y)$ 、 $x_0(y)$ は以下の式(AS)、(RE)でそれぞれ表される。

【0033】

【数1】

$$x(y) = (r/\varepsilon) \cdot [1 - \sqrt{1 - \varepsilon \cdot (y^2/r^2)}] + \sum_{i \geq 2} (A_i \cdot y^i) \quad \cdots (AS)$$

$$x_0(y) = \tilde{r} \cdot [1 - \sqrt{i - \varepsilon \cdot (y^2/\tilde{r}^2)}] \quad \cdots (RE)$$

ただし、式(AS)及び(RE)中、

y : 光軸に対して垂直方向の高さ、

r : 非球面の基準曲率半径、

ε : 2次曲面パラメータ、

A_i : i次式の非球面係数、

\tilde{r} : 非球面の近軸曲率半径($(1/\tilde{r}) = (1/r) + 2 \cdot A_2$)、

である。

【0034】条件式(4)は、球面収差及び軸外光束のフレアを補正するための条件範囲を、非球面の形状で規定している。この条件式(4)の上限を超えると、ズーム全域で球面収差がアンダー側へ倒れる傾向が著しくなるとともに、軸外光束のフレアが著しく発生する。条件式(4)の下限を超えると、ズーム全域で球面収差がオーバー側へ倒れるとともに、軸外光束のフレアの補正過剰の傾向が著しくなる。

【0035】なお、第1～第5の実施の形態を構成している各群は、入射光線を屈折により偏向させる屈折型レンズのみで構成されているが、これに限らない。例えば、回折により入射光線を偏向させる回折型レンズ、回折作用と屈折作用との組み合わせで入射光線を偏向させる屈折・回折ハイブリッド型レンズ、屈折率分布型レンズ等で、各群を構成してもよい。

【0036】

【実施例】以下、本発明を実施したズームレンズの構成を、コンストラクションデータ、収差図等を挙げて、更に具体的に説明する。なお、以下に挙げる実施例1～5は、前述した第1～第5の実施の形態にそれに対応しており、第1～第5の実施の形態を表すレンズ構成図(図1～図5)は、対応する実施例1～5のレンズ構成をそれぞれ示している。

【0037】各実施例のコンストラクションデータにおいて、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は物体側から数えてi番目の面の曲率半径、 d_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は物体側から数えてi番目の軸上面間隔を示しており、 N_i ($i=1, 2, 3, \dots$)、 ν_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は物体側から数えてi番目のレンズのd線に対する屈折率(N_d)、アッペ数(νd)を示している。また、コン

ストラクションデータ中、ズーミングにおいて変化する軸上面間隔(可変間隔)は、ワイド端(短焦点距離端)[W]～ミドル(中間焦点距離状態)[M]～テレ端(長焦点距離端)[T]での各群間の軸上空気間隔である。各焦点距離状態[W]、[M]、[T]に対応する全系の焦点距離f及びFナンバーFNOを併せて示す。

【0038】また、曲率半径 r_i に*印が付された面は、非球面で構成された面であることを示し、非球面の面形状を表わす前記式(AS)で定義されるものとする。非球面データ及び非球面に関する条件式(4)の対応値{ただし、 y_{max} : 非球面の光軸に対して垂直方向の最大高さ(最大有効半径)である。}を他のデータと併せて示し、他の条件式の対応値を表1に示す。

【0039】図6～図10は実施例1～実施例5にそれぞれ対応する収差図であり、[W]はワイド端、[M]はミドル、[T]はテレ端における諸収差(左から順に、球面収差等、非点収差、歪曲収差)を示している(γ : 最大像高)。また、各収差図中、実線(d)はd線に対する収

40 差、破線(SC)は正弦条件を表しており、破線(DM)と実線(DS)は、メリディオナル面とサジタル面でのd線に対する非点収差をそれぞれ表わしている。

【0040】

《実施例1》

f=22.5~70.0~126.0

FNO= 5.7~ 7.2~ 10.2

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1= 14.386

d1= 1.000 N1=1.84666 ν1= 23.82

r2= 11.869

d2= 0.100

r3= 12.132

d3= 2.800 N2=1.48749 ν2= 70.44

r4= 44.822

d4= 1.200~12.000~15.000

r5*= -50.721

d5= 0.700 N3=1.77250 ν3= 49.77

r6= 9.305

d6= 1.300

r7= 11.191

d7= 1.500 N4=1.84666 ν4= 23.82

r8= 22.081

d8= 6.527~1.919~0.650

r9= ∞(A)

d9= 0.100

r10= 9.648

d10= 3.000 N5=1.48749 ν5= 70.44

r11= -20.116

d11= 0.100

r12*=432.945

d12= 1.200 N6=1.84666 ν6= 23.82

r13= 26.540

d13= 1.000

r14= -44.028

d14= 2.500 N7=1.48749 ν7= 70.44

r15= -9.006

d15= 7.748~2.564~0.500

r16*= -19.111

d16= 2.400 N8=1.62017 ν8= 24.01

r17*= -11.238

d17= 1.525

r18= -8.061

d18= 0.800 N9=1.75450 ν9= 51.57

r19= ∞

[0041] [第5面(r5)の非球面データ]

[第12面(r12)の条件式(4)の対応値]

y=0.1ymax ... φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-6.075×10⁻⁴y=0.2ymax ... φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-4.868×10⁻⁴y=0.3ymax ... φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-1.649×10⁻⁴y=0.4ymax ... φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-3.933×10⁻⁴y=0.5ymax ... φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-7.767×10⁻⁴y=0.6ymax ... φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-1.366×10⁻⁴y=0.7ymax ... φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-2.227×10⁻⁴

ε= 1.0000

A4=-0.74896×10⁻⁴A6= 0.49697×10⁻⁴A8=-0.48034×10⁻⁴A10= 0.14101×10⁻⁴A12=-0.15951×10⁻⁴

【0042】[第12面(r12)の非球面データ]

ε= 1.0000

A4=-0.32194×10⁻³10 A6=-0.57420×10⁻⁴A8=-0.91327×10⁻⁴A10=-0.30354×10⁻⁴A12= 0.16114×10⁻⁴

【0043】[第16面(r16)の非球面データ]

ε= 1.0000

A4= 0.88130×10⁻⁴A6= 0.18653×10⁻⁴A8= 0.45085×10⁻⁴A10=-0.25756×10⁻⁴20 A12= 0.26950×10⁻⁴

【0044】[第17面(r17)の非球面データ]

ε= 1.0000

A4=-0.53907×10⁻⁴A6= 0.20838×10⁻⁴A8=-0.76811×10⁻⁴A10=-0.56352×10⁻⁴A12=-0.64868×10⁻¹¹

【0045】

$$\begin{aligned}y=0.8y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.444 \times 10^{-1} \\y=0.9y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -5.112 \times 10^{-1} \\y=1.0y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -7.302 \times 10^{-1}\end{aligned}$$

【0046】

《実施例2》

 $f=20.5 \sim 54.0 \sim 97.6$ $FNO= 5.74 \sim 6.86 \sim 9.0$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1= 12.896$ $d1= 1.000 N1=1.84666 \nu 1= 23.82$ $r2= 10.509$ $d2= 2.800 N2=1.48749 \nu 2= 70.44$ $r3= 34.748$ $d3= 1.400 \sim 8.500 \sim 11.000$ $r4= -56.717$ $d4= 0.700 N3=1.77250 \nu 3= 49.77$ $r5= 7.690$ $d5= 1.300$ $r6= 10.361$ $d6= 1.500 N4=1.84666 \nu 4= 23.82$ $r7= 21.555$ $d7= 5.502 \sim 2.470 \sim 1.195$ $r8= \infty(A)$ $d8= 0.100$ $r9= 8.355$ $d9= 3.800 N5=1.48749 \nu 5= 70.44$ $r10= -14.886$ $d10= 0.100$ $r11= -74.817$ $d11= 1.100 N6=1.84666 \nu 6= 23.82$ $r12= 37.804$ $d12= 0.700$ $r13= -31.334$ $d13= 2.000 N7=1.48749 \nu 7= 70.44$ $r14= -7.921$ $d14= 5.884 \sim 2.081 \sim 0.500$ $r15= -15.477$ $d15= 2.400 N8=1.62017 \nu 8= 24.01$ $r16= -9.595$ $d16= 1.404$ $r17= -7.241$ $d17= 0.800 N9=1.75450 \nu 9= 51.57$ $r18= \infty$

【0047】[第4面(r4)の非球面データ]

[第11面(r11)の条件式(4)の対応値]

$$\begin{aligned}y=0.1y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -9.143 \times 10^{-1} \\y=0.2y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -7.398 \times 10^{-1} \\y=0.3y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.544 \times 10^{-1} \\y=0.4y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -6.186 \times 10^{-1} \\y=0.5y_{\max} &\cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.246 \times 10^{-1}\end{aligned}$$

15

$$\begin{aligned}
 y=0.6y_{\max} & \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.227 \times 10^{-1} \\
 y=0.7y_{\max} & \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.664 \times 10^{-1} \\
 y=0.8y_{\max} & \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -5.662 \times 10^{-1} \\
 y=0.9y_{\max} & \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -8.349 \times 10^{-1} \\
 y=1.0y_{\max} & \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.193 \times 10^{-1}
 \end{aligned}$$

【0053】

《実施例3》

f=22.6 ~ 70.0 ~ 107.2

FN0= 5.7 ~ 8.87 ~ 10.14

【曲率半径】 【軸上面間隔】 【屈折率】 【アッペ数】

r1= 15.878

d1= 1.000 N1= 1.84666 ν1= 23.82

r2= 12.635

d2= 2.800 N2= 1.48749 ν2= 70.44

r3= 62.157

d3= 1.839 ~ 11.000 ~ 15.000

r4= -50.000

d4= 0.700 N3= 1.77250 ν3= 49.77

r5= 10.024

d5= 1.000

r6= 11.321

d6= 1.500 N4= 1.84666 ν4= 23.82

r7= 22.204

d7= 7.234 ~ 2.578 ~ 0.800

r8= ∞(A)

d8= 0.500

r9= 8.611

d9= 2.400 N5= 1.48749 ν5= 70.44

r10= -170.568

d10= 0.452

r11*= 43.051

d11= 1.200 N6= 1.84666 ν6= 23.82

r12= 17.783

d12= 1.000

r13= -465.925

d13= 2.200 N7= 1.48749 ν7= 70.44

r14= -8.683

d14= 6.717 ~ 1.882 ~ 0.500

r15*= -30.177

d15= 2.200 N8= 1.62017 ν8= 24.01

r16*= -14.033

d16= 1.957

r17= -7.544

d17= 0.800 N9= 1.77250 ν9= 49.77

r18= ∞

【0054】 [第11面(r11)の非球面データ]

[第11面(r11)の条件式(4)の対応値]

$$\begin{aligned}
 y=0.1y_{\max} & \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.208 \times 10^{-1} \\
 y=0.2y_{\max} & \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.330 \times 10^{-1} \\
 y=0.3y_{\max} & \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.108 \times 10^{-1}
 \end{aligned}$$

16

$y=0.4y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.590 \times 10^{-4}$
 $y=0.5y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -5.019 \times 10^{-4}$
 $y=0.6y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -8.695 \times 10^{-4}$
 $y=0.7y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.402 \times 10^{-3}$
 $y=0.8y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.151 \times 10^{-3}$
 $y=0.9y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.165 \times 10^{-3}$
 $y=1.0y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.475 \times 10^{-3}$

【0058】

《実施例4》

 $f=22.6 \sim 70.0 \sim 107.2$ $FNO= 5.9 \sim 9.09 \sim 10.16$

【曲率半径】 【軸上面間隔】 【屈折率】 【アッペ数】

 $r1= 17.152$ $d1= 1.000 N1=1.84666 \nu 1= 23.82$ $r2= 13.750$ $d2= 2.800 N2=1.48749 \nu 2= 70.44$ $r3= 79.178$ $d3= 1.200 \sim 10.000 \sim 15.000$ $r4= -27.331$ $d4= 0.700 N3=1.77250 \nu 3= 49.77$ $r5= 13.864$ $d5= 1.300$ $r6= 15.746$ $d6= 1.500 N4=1.84666 \nu 4= 23.82$ $r7= 37.437$ $d7= 7.237 \sim 2.219 \sim 0.650$ $r8= \infty(A)$ $d8= 0.500$ $r9= 9.392$ $d9= 2.800 N5=1.48749 \nu 5= 70.44$ $r10=-158.267$ $d10= 1.200 N6=1.84666 \nu 6= 23.82$ $r11= 35.282$ $d11= 1.000$ $r12= 14.999$ $d12= 2.400 N7=1.48749 \nu 7= 70.44$ $r13*=-18.446$ $d13= 6.499 \sim 1.953 \sim 0.500$ $r14*=-32.932$ $d14= 2.200 N8=1.62017 \nu 8= 24.01$ $r15*=-16.032$ $d15= 2.364$ $r16= -7.404$ $d16= 0.800 N9=1.75450 \nu 9= 51.57$ $r17= \infty$

【0059】 [第13面(r13)の非球面データ]

 $\varepsilon= 1.0000$ $A4= 0.38266 \times 10^{-1}$ 10 $A6=-0.47417 \times 10^{-4}$ $A8= 0.79075 \times 10^{-1}$ $A10= 0.12182 \times 10^{-1}$ $A12=-0.48378 \times 10^{-1}$

【0060】 [第14面(r14)の非球面データ]

 $\varepsilon= 1.0000$ $A4= 0.60586 \times 10^{-4}$ $A6= 0.32878 \times 10^{-4}$ $A8= 0.21370 \times 10^{-4}$ $A10=-0.27707 \times 10^{-4}$ 20 $A12= 0.37140 \times 10^{-11}$

【0061】 [第15面(r15)の非球面データ]

 $\varepsilon= 1.0000$ $A4=-0.15852 \times 10^{-1}$ $A6= 0.63471 \times 10^{-4}$ $A8=-0.49496 \times 10^{-4}$ $A10= 0.15748 \times 10^{-4}$ $A12= 0.41834 \times 10^{-11}$

【0062】

《実施例5》

 $f=22.5 \sim 70.0 \sim 126.0$ $FNO= 5.6 \sim 7.39 \sim 10.06$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1= 15.506$ $d1= 1.000 N1=1.84666 \nu 1= 23.82$ $r2= 12.745$ $d2= 2.800 N2=1.48749 \nu 2= 70.44$ $r3= 51.354$ $d3= 1.200 \sim 11.131 \sim 15.000$ $r4= -60.847$ $d4= 0.700 N3=1.77250 \nu 3= 49.77$ $r5= 10.002$ $d5= 1.300$ $r6= 11.811$ $d6= 1.500 N4=1.84666 \nu 4= 23.82$ $r7= 21.590$ $d7= 7.325 \sim 2.590 \sim 0.650$ $r8= \infty(A)$ $d8= 0.100$ $r9= 8.665$ $d9= 3.200 N5=1.48749 \nu 5= 70.44$ $r10= -73.554$ $d10= 0.100$ $r11= 22.821$ $d11= 1.200 N6=1.84666 \nu 6= 23.82$ $r12= 12.872$ $d12= 0.700$ $r13= 125.081$ $d13= 2.500 N7=1.48749 \nu 7= 70.44$ $r14= -10.135$ $d14= 7.625 \sim 2.429 \sim 0.500$ $r15= -14.652$ $d15= 2.400 N8=1.62017 \nu 8= 24.01$ $r16= -9.400$ $d16= 1.050$ $r17= -8.081$ $d17= 0.800 N9=1.75450 \nu 9= 51.57$ $r18= \infty$

【0063】[第4面(r4)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4=-0.10016 \times 10^4$ $A6= 0.93649 \times 10^4$ $A8=-0.10184 \times 10^4$ $A10= 0.35610 \times 10^4$ $A12=-0.43629 \times 10^{10}$

【0064】[第11面(r11)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4=-0.29197 \times 10^4$ 10 $A6= 0.43934 \times 10^4$ $A8=-0.56811 \times 10^4$ $A10= 0.20291 \times 10^4$ $A12=-0.30358 \times 10^4$

【0065】[第15面(r15)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4= 0.12431 \times 10^4$ $A6=-0.38740 \times 10^4$ $A8= 0.31104 \times 10^4$ $A10=-0.54294 \times 10^4$ 20 $A12= 0.18213 \times 10^{10}$

【0066】[第16面(r16)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ $A4=-0.19989 \times 10^4$ $A6= 0.20627 \times 10^4$ $A8=-0.88349 \times 10^4$ $A10= 0.48446 \times 10^4$ $A12=-0.76850 \times 10^{10}$

【0067】

[第11面(r11)の条件式(4)の対応値]

$$y=0.1y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -6.072 \times 10^4$$

$$y=0.2y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.806 \times 10^4$$

$$y=0.3y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.601 \times 10^4$$

$$y=0.4y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.758 \times 10^4$$

$$y=0.5y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -7.339 \times 10^4$$

$$y=0.6y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.286 \times 10^4$$

$$y=0.7y_{max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.104 \times 10^4$$

21

$$y=0.8y_{\max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.277 \times 10^{-3}$$

$$y=0.9y_{\max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.918 \times 10^{-3}$$

$$y=1.0y_{\max} \cdots \phi 3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -7.176 \times 10^{-3}$$

【0068】

【表1】

《条件式対応値》

| | 条件式(1) : $fT \times f2/fW^2$ | 条件式(2) : $(B4T/B4W)/(B2T/B2W)$ | 条件式(3) : $B4T/B4W$ |
|-------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 実施例 1 | - 4. 3 7 9 | 1. 8 1 1 | 3. 3 5 0 |
| 実施例 2 | - 3. 5 0 5 | 2. 0 7 7 | 3. 1 2 4 |
| 実施例 3 | - 3. 9 5 8 | 1. 5 9 2 | 2. 9 0 7 |
| 実施例 4 | - 4. 1 8 9 | 1. 5 8 2 | 2. 9 2 6 |
| 実施例 5 | - 4. 5 9 3 | 1. 7 9 3 | 3. 3 3 3 |

【0069】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、4.5倍から6倍程度のズーム比を有し、小型で高倍率なズームレンズを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態(実施例1)のレンズ構成図。

【図2】第2の実施の形態(実施例2)のレンズ構成図。

【図3】第3の実施の形態(実施例3)のレンズ構成図。

【図4】第4の実施の形態(実施例4)のレンズ構成図。

【図5】第5の実施の形態(実施例5)のレンズ構成図。

10 【図6】実施例1の収差図。

【図7】実施例2の収差図。

【図8】実施例3の収差図。

【図9】実施例4の収差図。

【図10】実施例5の収差図。

【符号の説明】

Gr1 … 第1群

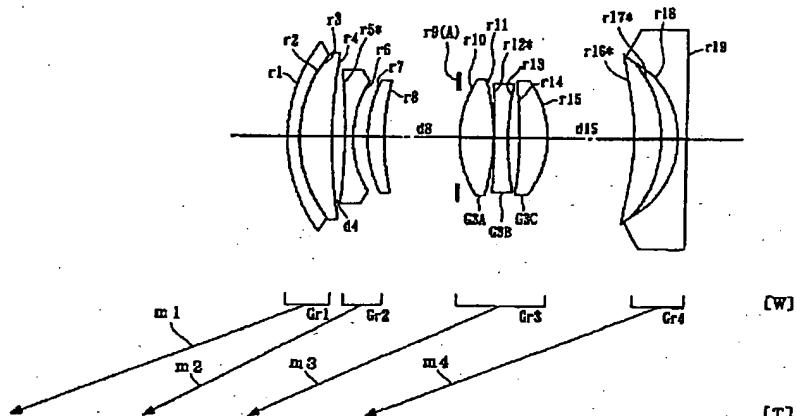
Gr2 … 第2群

A … 紋り

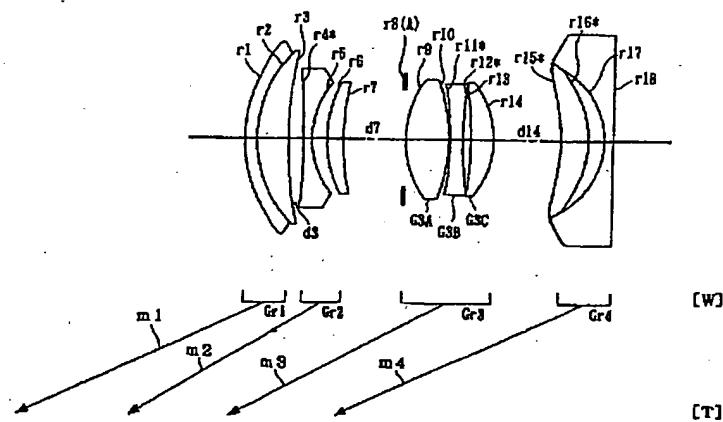
Gr3 … 第3群

20 Gr4 … 第4群

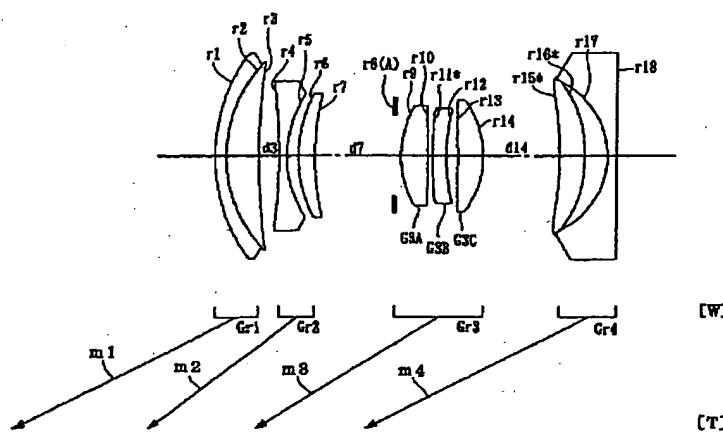
【図1】



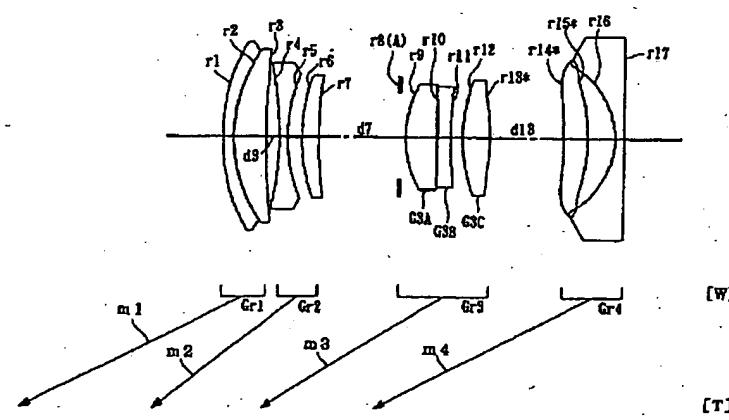
【図2】



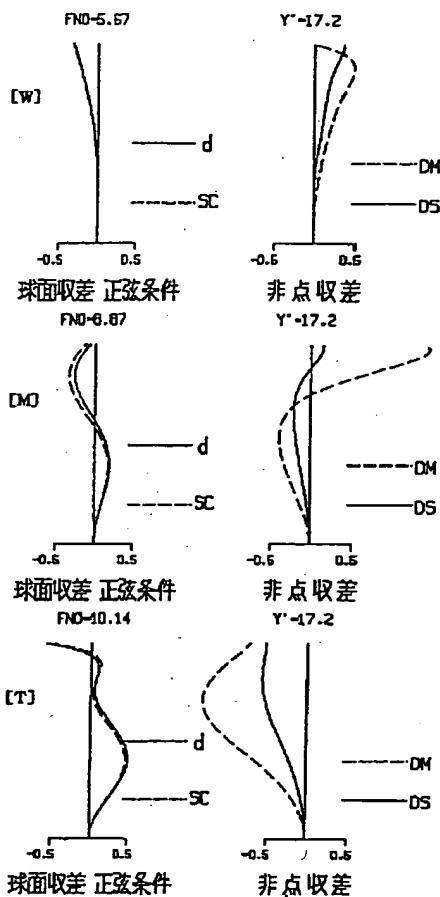
【図3】



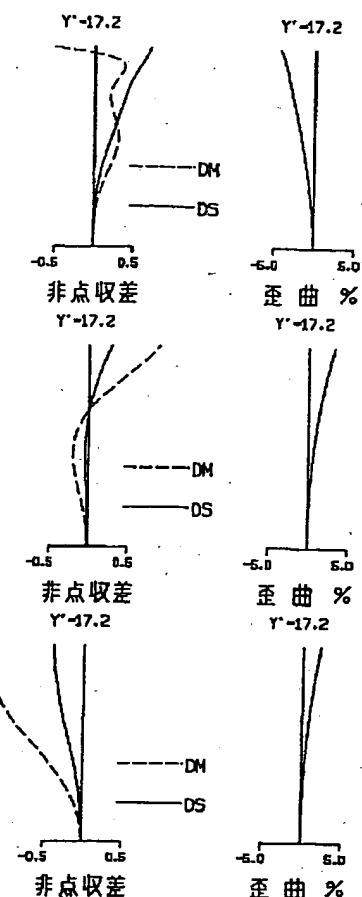
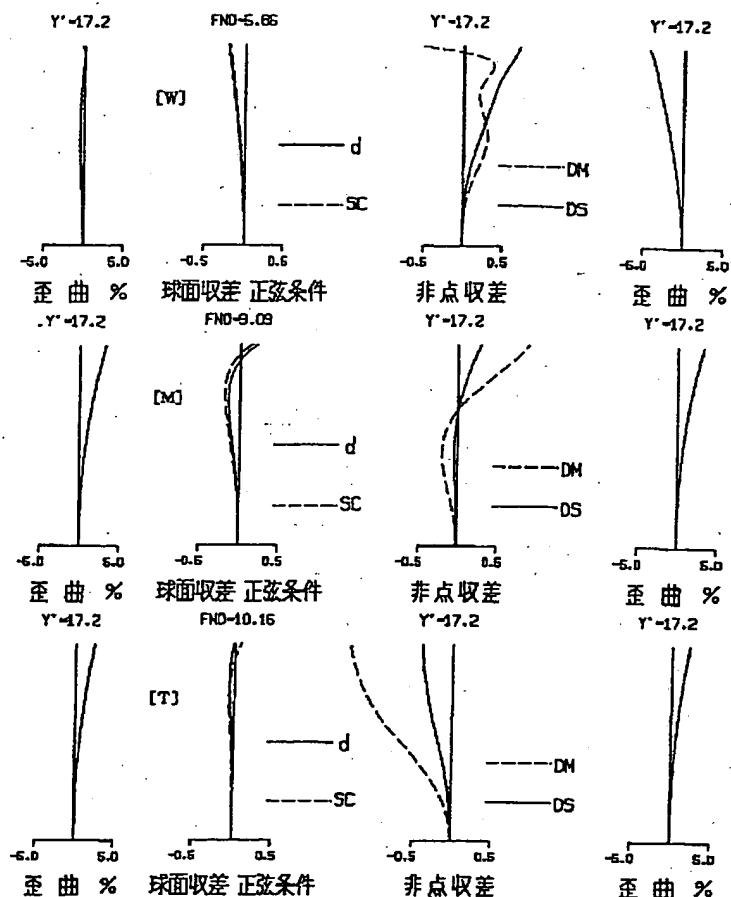
【図4】



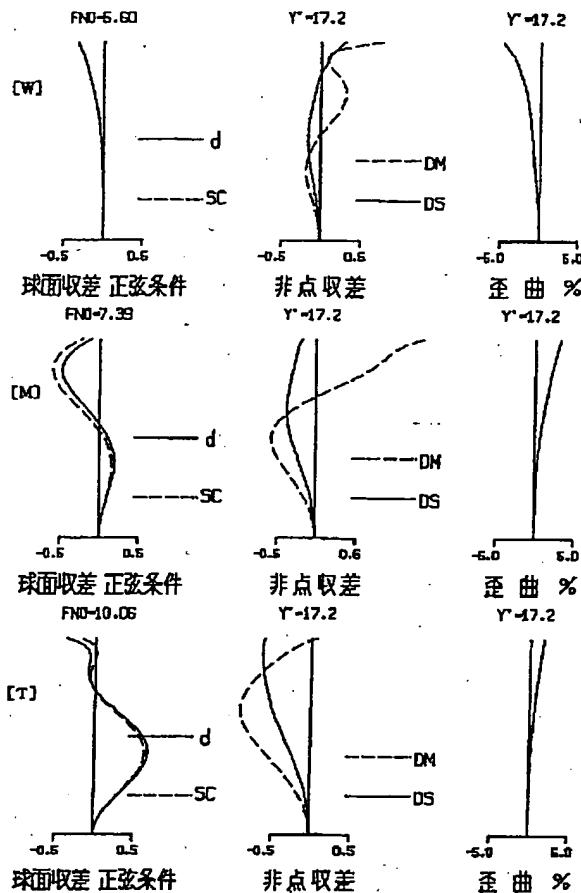
【図8】



【図9】



【図10】



ZOOM LENS

Japanese Unexamined Patent No. 2000-180725

Laid-open on: June 30, 2000

Application No. Hei-10-362925

Filed on: December 21, 1988

Inventor: Yasushi YAMAMOTO

Applicant: Minolta Co., Ltd.

SPECIFICATION

[TITLE OF THE INVENTION] ZOOM LENS

[ABSTRACT]

[Themes] A zoom lens is provided which is small in size and which has a high zoom ratio of about 4.5 to 6.

[Solution Means] A zoom lens comprising, in order from the object side, a positive first lens group (Gr1), a negative second lens group (Gr2), a positive third lens group (Gr3), and a negative fourth lens group (Gr4), and, during zooming from a wide-angle end [W] to a telephoto end [T], each group moves to the object side. The first lens group (Gr1) consists of two lenses, and the third lens group (Gr3) consists of a positive lens (G3A), a negative lens (G3B), and a positive lens (G3C).

[WHAT IS CLAIMED IS;]

[Claim 1] A zoom lens comprising, in order from an object side, a first lens group having a positive power, a second lens group having a negative power, a third lens group having a positive power, and a fourth lens group having a negative power, and, during zooming from a wide-angle end to a telephoto end, each of the groups moves to the object side, wherein the first lens group consists of two lenses, and the third lens group consists of, in order from the object side, a lens having a positive power, a lens having a negative power, and a lens having a positive power.

[Claim 2] A zoom lens as set forth in Claim 1, further satisfying the following conditional expression:

$$5.0 < f_T \times f_2 / f_W^2 < -3.0$$

wherein f_W is a focal length of an entire zoom lens system at the wide-angle end,

f_T is a focal length of the entire zoom lens system at the telephoto end, and

f_2 is a focal length of the second lens group.

[Claim 3] A zoom lens as set forth in Claim 1, further satisfying the following conditional expression:

$$1.55 < (\beta_{4T} / \beta_{4W}) / (\beta_{2T} / \beta_{2W}) < 2.2$$

wherein β_{2W} is a lateral magnification of the second lens group at the wide-angle end,

β_{2T} is a lateral magnification of the second lens group at the telephoto end,

β_{4W} is a lateral magnification of the fourth lens group at the wide-angle end, and

β_{4T} is a lateral magnification of the fourth lens group at the telephoto end.

[Claim 4] A zoom lens as set forth in Claim 1, Claim 2, or Claim 3, wherein the positive lens on the object side and the negative lens on its image side that constitute the third lens group constitute a cemented lens.

[Claim 5] A zoom lens comprising, in order from an object side, a first lens group having a positive power, a second lens group having a negative power, a third lens group having a positive power, and a fourth lens group having a negative power, and, during zooming from a wide-angle end to a telephoto end, each of the lens groups moves to the object side, wherein the third lens group consists of three or more lenses, and the following conditional expression is further satisfied:

$$5.0 < f_T \times f_2 / f_W^2 < -3.0$$

wherein f_W is a focal length of an entire zoom lens system at the wide-angle end,

f_T is a focal length of the entire zoom lens system at the telephoto end, and

f_2 is a focal length of the second lens group.

[Claim 6] A zoom lens as set forth in Claim 5, further satisfying the following conditional expression:

$$1.55 < (\beta_{4T}/\beta_{4W}) / (\beta_{2T}/\beta_{2W}) < 2.2$$

wherein β_{2W} is a lateral magnification of the second lens group at the wide-angle end,

β_{2T} is a lateral magnification of the second lens group at the telephoto end,

β_{4W} is a lateral magnification of the fourth lens group at the wide-angle end, and

β_{4T} is a lateral magnification of the fourth lens group at the telephoto end.

[Claim 7] A zoom lens comprising, in order from an object side, a first lens group having a positive power, a second lens group having a negative power, a third lens group having a positive power, and a fourth lens group having a negative power, and, during zooming from a wide-angle end to a telephoto end, each of the lens groups moves to the object side, wherein the following conditional expression is further satisfied:

$$1.55 < (\beta_{4T}/\beta_{4W}) / (\beta_{2T}/\beta_{2W}) < 2.2$$

wherein β_{2W} is a lateral magnification of the second lens group at the wide-angle end,

β_{2T} is a lateral magnification of the second lens group at the

telephoto end,

β_4W is a lateral magnification of the fourth lens group at the wide-angle end, and

β_4T is a lateral magnification of the fourth lens group at the telephoto end.

[Claim 8] A zoom lens comprising four or more movable lens groups having, in order from an object side, at least a first lens group having a positive power, a second lens group having a negative power, and a third lens group having a positive power, wherein the third lens group consists of three or more lenses, and the following conditional expression is further satisfied:

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W^2 < -3.0$$

wherein f_W is a focal length of an entire zoom lens system at a wide-angle end,

f_T is a focal length of the entire zoom lens system at a telephoto end, and

f_2 is a focal length of the second lens group.

[Claim 9] A zoom lens comprising four or more movable lens groups having, in order from an object side, at least a first lens group having a positive power, a second lens group having a negative power, and a third lens group having a positive power, and the following conditional expression is further satisfied:

$$1.55 < (\beta_4T / \beta_4W) / (\beta_2T / \beta_2W) < 2.2$$

$$2.0 < \beta_{4T} / \beta_{4W} < 4.0$$

wherein β_{2W} is a lateral magnification of the second lens group at a wide-angle end,

β_{2T} is a lateral magnification of the second lens group at a telephoto end,

β_{4W} is a lateral magnification of the fourth lens group at the wide-angle end, and

β_{4T} is a lateral magnification of the fourth lens group at the telephoto end.

[Claim 10] A zoom lens as set forth in Claim 9, wherein the third lens group consists of three or more lenses.

[Claim 11] A zoom lens as set forth in Claim 7, Claim 8, or Claim 9, wherein the third lens group consists of, in order from the object side, a lens having a positive power, a lens having a negative power, and a lens having a positive power.

[Claim 12] A zoom lens as set forth in Claim 1, Claim 5, Claim 7, Claim 8, or Claim 9, wherein the first lens group and the fourth lens group move together during zooming from the wide-angle end to the telephoto end.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[Field of the Invention] The present invention relates to a zoom lens, and, for example, relates to a small-sized, high

variable power zoom lens suitable for a photographic lens used for a lens shutter camera.

[0002]

[Prior Arts] In order to achieve downsizing of a zoom lens used for a lens shutter camera and achieve high magnification thereof, various proposals have been conventionally made of the three-group structure of positive-positive-negative or the four-group structure of positive-negative-positive-negative. For example, in a zoom lens proposed in Japanese Published Unexamined Patent Application No. Sho-63-43115, a power-variation burden imposed on each group is dispersed by employing the four-group structure of positive-negative-positive-negative, and, as a result, a zoom ratio of about 3 is achieved. Additionally, in a zoom lens proposed in Japanese Published Unexamined Patent Application No. Hei-6-265788, a zoom ratio exceeding 4 is achieved by employing numerous aspherical surfaces in the four-group structure of positive-negative-positive-negative.

[0003]

[Themes Intended to be Solved by the Invention] However, the zoom lens proposed in Japanese Published Unexamined Patent Application No. Sho-63-43115 has a large number of components constituting the zoom lens, and has the disadvantage of not

achieving its satisfactory performance also in respect of high magnification. On the other hand, the zoom lens proposed in Japanese Published Unexamined Patent Application No. Hei-6-265788 has a large amount of movement and a large total length during power variation and has the disadvantage of not achieving satisfactory performance in respect to downsizing.

[0004] The present invention has been made in consideration of these circumstances, and it is an object of the present invention to provide a small-sized, high power zoom lens having a zoom ratio of about 4.5 to 6.

[0005]

[Means for Solving Themes] In order to achieve the object, a zoom lens of a first invention is characterized in that it consists of, in order from an object side, a first lens group having a positive power, a second lens group having a negative power, a third lens group having a positive power, and a fourth lens group having a negative power, and, during zooming from a wide-angle end to a telephoto end, each of the groups moves to the object side, wherein the first lens group consists of two lenses, and the third lens group consists of, in order from the object side, a lens having a positive power, a lens having a negative power, and a lens having a positive power.

[0006] A zoom lens of a second invention is characterized in

that, in the structure of the first invention, the following conditional expression is further satisfied:

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W^2 < -3.0$$

wherein f_W is a focal length of an entire zoom lens system at the wide-angle end,

f_T is a focal length of the entire zoom lens system at the telephoto end, and

f_2 is a focal length of the second lens group.

[0007] A zoom lens of a third invention is characterized in that, in the structure of the first invention, the following conditional expression is further satisfied:

$$1.55 < (\beta_{4T} / \beta_{4W}) / (\beta_{2T} / \beta_{2W}) < 2.2$$

wherein β_{2W} is a lateral magnification of the second lens group at the wide-angle end,

β_{2T} is a lateral magnification of the second lens group at the telephoto end,

β_{4W} is a lateral magnification of the fourth lens group at the wide-angle end, and

β_{4T} is a lateral magnification of the fourth lens group at the telephoto end.

[0008] A zoom lens of a fourth invention is characterized in that, in the structure of the first, second, or third invention, the positive lens on the object side and the negative lens on

its image side that constitute the third lens group constitute a cemented lens.

[0009] A zoom lens of a fifth invention is characterized in that it consists of, in order from an object side, a first lens group having a positive power, a second lens group having a negative power, a third lens group having a positive power, and a fourth lens group having a negative power, and, during zooming from a wide-angle end to a telephoto end, each of the lens groups moves to the object side, wherein the third lens group consists of three or more lenses, and the following conditional expression is further satisfied:

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W^2 < -3.0$$

wherein f_W is a focal length of an entire zoom lens system at the wide-angle end,

f_T is a focal length of the entire zoom lens system at the telephoto end, and

f_2 is a focal length of the second lens group.

[0010] A zoom lens of a sixth invention is characterized in that, in the structure of the fifth invention, the following conditional expression is further satisfied:

$$1.55 < (\beta_{4T} / \beta_{4W}) / (\beta_{2T} / \beta_{2W}) < 2.2$$

wherein β_{2W} is a lateral magnification of the second lens group at the wide-angle end,

β_{2T} is a lateral magnification of the second lens group at the telephoto end,

β_{4W} is a lateral magnification of the fourth lens group at the wide-angle end, and

β_{4T} is a lateral magnification of the fourth lens group at the telephoto end.

[0011] A zoom lens of a seventh invention is characterized in that it consists of, in order from an object side, a first lens group having a positive power, a second lens group having a negative power, a third lens group having a positive power, and a fourth lens groups having a negative power, and, during zooming from a wide-angle end to a telephoto end, each of the lens groups moves to the object side, wherein the following conditional expression is further satisfied:

$$1.55 < (\beta_{4T}/\beta_{4W}) / (\beta_{2T}/\beta_{2W}) < 2.2$$

wherein β_{2W} is a lateral magnification of the second lens group at the wide-angle end,

β_{2T} is a lateral magnification of the second lens group at the telephoto end,

β_{4W} is a lateral magnification of the fourth lens group at the wide-angle end, and

β_{4T} is a lateral magnification of the fourth lens group at the telephoto end.

[0012] A zoom lens of an eighth invention is characterized in that it consists of four or more movable lens groups having, in order from an object side, at least a first lens group having a positive power, a second lens group having a negative power, and a third lens group having a positive power, wherein the third lens group consists of three or more lenses, and the following conditional expression is further satisfied:

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W^2 < -3.0$$

wherein f_W is a focal length of an entire zoom lens system at a wide-angle end,

f_T is a focal length of the entire zoom lens system at a telephoto end, and

f_2 is a focal length of the second lens group.

[0013] A zoom lens of a ninth invention is characterized in that it consists of four or more movable lens groups having, in order from an object side, at least a first lens group having a positive power, a second lens group having a negative power, and a third lens group having a positive power, and the following conditional expression is further satisfied:

$$1.55 < (\beta_{4T} / \beta_{4W}) / (\beta_{2T} / \beta_{2W}) < 2.2$$

$$2.0 < \beta_{4T} / \beta_{4W} < 4.0$$

wherein β_{2W} is a lateral magnification of the second lens group at a wide-angle end,

β 2T is a lateral magnification of the second lens group at a telephoto end,

β 4W is a lateral magnification of the fourth lens group at the wide-angle end, and

β 4T is a lateral magnification of the fourth lens group at the telephoto end.

[0014] A zoom lens of a tenth invention is characterized in that, in the structure of the ninth invention, the third lens group consists of three or more lenses.

[0015] A zoom lens of an eleventh invention is characterized in that, in the structure of the seventh, eighth, or ninth invention, the third lens group consists of, in order from the object side, a lens having a positive power, a lens having a negative power, and a lens having a positive power.

[0016] A zoom lens of a twelfth invention is characterized in that, in the structure of the first, fifth, seventh, eighth, or ninth invention, the first lens group and the fourth lens group move together during zooming from the wide-angle end to the telephoto end.

[0017]

[Embodiments of the Invention] A zoom lens in which the present invention is embodied will be hereinafter described with reference to the drawings. Fig. 1 to Fig. 5 are lens arrangement

diagrams corresponding to zoom lenses of the first to fifth embodiments, respectively, and show lens arrangements at a wide-angle end [W]. Arrows m_j ($j=1, 2, 3, 4$) in the lens arrangement diagrams schematically indicate the movement of a j -th lens group (Gr_j) during zooming from the wide-angle end [W] to a telephoto end [T]. A surface designated as r_i ($i=1, 2, 3, \dots$) is an i -th surface, counting from an object side, in the lens arrangement diagrams, and a surface to which an * symbol has been given is an aspherical surface. An on-axis surface-to-surface distance designated as d_i ($i=1, 2, 3, \dots$) is a group-to-group distance that changes during zooming of the i -th on-axis surface-to-surface distance, counting from the object side.

[0018] The first to fifth embodiments are zoom lenses each of which consists of, in order from the object side, a first lens group (Gr_1) having a positive power, a second lens group (Gr_2) having a negative power, a third lens group (Gr_3) having a positive power, and a fourth lens group (Gr_4) having a negative power, and, during zooming from the wide-angle end [W] to the telephoto end [T], each group (Gr_1 to Gr_4) moves to the object side. In each embodiment, a diaphragm (A) that makes a zoom movement together with the third lens group (Gr_3) is disposed between the second lens group (Gr_2) and the third lens group

(Gr3).

[0019] In the first embodiment (Fig. 1), each group has the following structure in order from the object side. The first lens group (Gr1) consists of a negative meniscus lens convex on the object side and a positive meniscus lens convex on the object side. The second lens group (Gr2) consists of a double-concave negative lens (whose surface on the object side is an aspherical surface) and a positive meniscus lens convex on the object side. The third lens group (Gr3) consists of a double-convex positive lens (G3A), a double-concave negative lens (G3B; whose surface on the object side is an aspherical surface), and a positive meniscus lens (G3C) concave on the object side. The fourth lens group (Gr4) consists of a positive meniscus lens (both surfaces of which are aspherical surfaces) convex on the image side and a planoconcave lens concave on the object side.

[0020] In the second embodiment (Fig. 2), each group has the following structure in order from the object side. The first lens group (Gr1) is formed by a cemented lens that consists of a negative meniscus lens convex on the object side and a positive meniscus lens convex on the object side. The second lens group (Gr2) consists of a double-concave negative lens (whose surface on the object side is an aspherical surface)

and a positive meniscus lens convex on the object side. The third lens group (Gr3) consists of a double-convex positive lens (G3A), a double-concave negative lens (G3B, both surfaces of which are aspherical surfaces), and a positive meniscus lens (G3C) concave on the object side. The fourth lens group (Gr4) consists of a positive meniscus lens (both surfaces of which are aspherical surfaces) convex on the image side, and a planoconcave lens concave on the object side.

[0021] In the third embodiment (Fig. 3), each group has the following structure in order from the object side. The first lens group (Gr1) is formed by a cemented lens that consists of a negative meniscus lens convex on the object side and a positive meniscus lens convex on the object side. The second lens group (Gr2) consists of a double-concave negative lens and a positive meniscus lens convex on the object side. The third lens group (Gr3) consists of a double-convex positive lens (G3A), a negative meniscus lens (G3B, whose surface on the object side is an aspherical surface) concave on the image side, and a positive meniscus lens (G3C) convex on the image side. The fourth lens group (Gr4) consists of a positive meniscus lens (both surfaces of which are aspherical surfaces) convex on the image side and a planoconcave lens concave on the object side.

[0022] In the fourth embodiment (Fig. 4), each group has the following structure in order from the object side. The first lens group (Gr1) is formed by a cemented lens that consists of a negative meniscus lens convex on the object side and a positive meniscus lens convex on the object side. The second lens group (Gr2) consists of a double-concave negative lens and a positive meniscus lens convex on the object side. The third lens group (Gr3) consists of a cemented lens, which consists of a double-convex positive lens (G3A) and a double-concave negative lens (G3B), and a double-convex positive lens (G3C, whose surface on the image side is an aspherical surface). The fourth lens group (Gr4) consists of a positive meniscus lens (both surfaces of which are aspherical surfaces) convex on the image side and a planoconcave lens concave on the object side.

[0023] In the fifth embodiment (Fig. 5), each group has the following structure in order from the object side. The first lens group (Gr1) is formed by a cemented lens that consists of a negative meniscus lens convex on the object side and a positive meniscus lens convex on the object side. The second lens group (Gr2) consists of a double-concave negative lens (whose surface on the object side is an aspherical surface) and a positive meniscus lens convex on the object side. The

third lens group (Gr3) consists of a double-convex positive lens (G3A), a negative meniscus lens (G3B, whose surface on the object side is an aspherical surface) concave on the image side, and a double-convex positive lens (G3C). The fourth lens group (Gr4) consists of a positive meniscus lens (both surfaces of which are aspherical surfaces) convex on the image side and a planoconcave lens concave on the object side. In this fifth embodiment, the first lens group (Gr1) and the fourth lens group (Gr4) move together during zooming. A camera cone can be easily constructed by forming the first lens group (Gr1) and the fourth lens group (Gr4) so that they can move together.

[0024] The first lens group (Gr1) consists of two lenses in all embodiments, and, in addition, the two lenses form a cemented lens in the second to fifth embodiments. Additionally, the third lens group (Gr3) consists of a positive lens (G3A), a negative lens (G3B), and a positive lens (G3C) in all embodiments. Additionally, the positive lens (G3A) and the negative lens (G3B) form a cemented lens in the fourth embodiment. Handling and lens-frame formation are facilitated by constructing the cemented lens of the positive lens and the negative lens as in the first lens group (Gr1) in the second to fifth embodiments or as in the third lens group (Gr3) in the fourth embodiment. Additionally, since a space for air is not needed, an advantage

is created in achieving downsizing.

[0025] In the zoom lens consisting of four or more movable lens groups having, in order from the object side, at least the first lens group (Gr1) having the positive power, the second lens group (Gr2) having the negative power, and the third lens group (Gr3) having the positive power as in each embodiment, it is desirable to construct the third lens group (Gr3) of, in order from the object side, a lens (G3A) having a positive power, a lens (G3B) having a negative power, and a lens (G3C) having a positive power. Off-axis chromatic aberrations of magnification in the third lens group (Gr3) can be excellently corrected by constructing the third lens group (Gr3) in this way.

[0026] In the zoom lens consisting of four or more movable lens groups having, in order from the object side, at least the lens groups (Gr1 to Gr3) of positive-negative-positive as in each embodiment, it is desirable to satisfy the following conditional expression (1):

$$-5.0 < f_T \times f_2 / f_W^2 < -3.0 \cdots (1)$$

wherein f_W is a focal length of the entire zoom lens system at the wide-angle end [W],

f_T is a focal length of the entire zoom lens system at the telephoto end [T], and

f_2 is a focal length of the second lens group (Gr2).

[0027] The conditional expression (1) fixes a conditional range to create the coexistence of the power-variation enhancement of the lens system and the downsizing thereof by the ratio of the focal length of the second lens group (Gr2) to a variable power ratio. If the upper limit of the conditional expression (1) is exceeded, it becomes difficult to reduce the overall length of the lens system while maintaining high power variation, because the focal length of the second lens group (Gr2) becomes long. On the contrary, if the lower limit of the conditional expression (1) is exceeded, the focal length of the second lens group (Gr2) becomes short, and it becomes difficult to correct off-axis flare occurring in the second lens group (Gr2).

[0028] Further, in the zoom lens consisting of four or more movable lens groups having, in order from the object side, at least the lens groups (Gr1 to Gr3) of positive-negative-positive as in each embodiment, it is desirable to satisfy the following conditional expression (2):

$$1.55 < (\beta_{4T}/\beta_{4W}) / (\beta_{2T}/\beta_{2W}) < 2.2 \cdots (2)$$

wherein β_{2W} is a lateral magnification of the second lens group (Gr2) at the wide-angle end [W],

β_{2T} is a lateral magnification of the second lens group (Gr2) at the telephoto end [T],

β_{4W} is a lateral magnification of the fourth lens group (Gr4) at the wide-angle end [W], and

β_{4T} is a lateral magnification of the fourth lens group (Gr4) at the telephoto end [T].

[0029] The conditional expression (2) fixes a conditional range to optimize the power-variation enhancement of the lens system and the downsizing thereof by the ratio between the variable power ratio in the second lens group (Gr2) and the variable power ratio in the fourth lens group (Gr4). In a general zoom lens (Japanese Published Unexamined Patent Application No. Sho-63-43115, for example) that has the four-group structure of positive-negative-positive-negative, the percentage in which power variation is performed chiefly by the second lens group (Gr2) has a tendency to become high. In the present invention, the overall lens length is reduced by slightly increasing the burden of the fourth lens group (Gr4) to be used for power variation. If the upper limit of the conditional expression (2) is exceeded, it becomes difficult to excellently balance on-axis aberrations with off-axis aberrations in telephotographing and in angle-widening by the fourth lens group (Gr4), because the burden of the fourth lens group (Gr4) to be used for power variation becomes too high. On the contrary, if the lower limit of the conditional expression (2) is exceeded,

the overall length is increased. Therefore, this is undesirable in respect to downsizing.

[0030] It is desirable to further satisfy the following conditional expression (3):

$$2.0 < \beta_{4T}/\beta_{4W} < 4.0 \cdots (3)$$

[0031] The conditional expression (3) fixes the variable power ratio of the fourth lens group (Gr4). If the upper limit of the conditional expression (3) is exceeded, the burden of the fourth lens group (Gr4) to be used for power variation becomes high, and it becomes difficult to excellently balance on-axis aberrations with off-axis aberrations in telephotographing and in angle-widening by the fourth lens group (Gr4). On the contrary, if the lower limit of the conditional expression (3) is exceeded, the overall length is increased. Therefore, this is undesirable in respect to downsizing.

[0032] Additionally, it is desirable to provide the negative lens (G3B) of the third lens group (Gr3) with at least one aspherical surface as in the first to third embodiments and in the fifth embodiment. In securing excellent performance capabilities, it is effective especially to use an aspherical surface as the object-side surface of the negative lens (G3B). Desirably, the aspherical surface nearest to the object side of the negative lens (G3B) satisfies the following conditional

expression (4) :

$$-0.02 < \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} < 0 \dots (4)$$

wherein ϕ_3 is a power of the third lens group (Gr3),
N is a refractive index of an object-side medium of the aspherical surface,

N' is a refractive index of an image-side medium of the aspherical surface,

x(y) is the surface shape of the aspherical surface, and
x_0(y) is the reference spherical shape of the aspherical surface,
and

x(y) and x_0(y) are expressed by the following equations (AS)
and (RE), respectively.

[0033]

[Formula 1]

$$x(y) = (r/\epsilon) \cdot [1 - \sqrt{1 - \epsilon \cdot (y^2/r^2)}] + \sum_{i \geq 2} (A_i \cdot y^i) \dots (AS)$$

$$x_0(y) = \tilde{r} \cdot [1 - \sqrt{1 - \epsilon \cdot (y^2/\tilde{r}^2)}] \dots (RE)$$

In the equations (AS) and (RE),

y is a height in the vertical direction with respect to an optical axis,

r is a reference curvature radius of the aspherical surface,

ϵ is the quadratic-curve parameter,

A_i is the aspherical coefficient of an i-th degree expression,
and

\tilde{r} is a paraxial curvature radius $\{(1/\tilde{r})=(1/r)+2\cdot A_2\}$ of the aspherical surface.

[0034] The conditional expression (4) fixes a conditional range to correct spherical aberrations and the flare of an off-axis light beam by the shape of the aspherical surface. If the upper limit of the conditional expression (4) is exceeded, a tendency for spherical aberrations to fall to the under side in all areas of zooming appears markedly, and the flare of an off-axis light beam is markedly generated. If the lower limit of the conditional expression (4) is exceeded, the spherical aberrations fall to the over side in all areas of zooming, and a tendency to excessively correct the flare of the off-axis light beam appears markedly.

[0035] Each group constituting the first to fifth embodiments is formed only by a refraction type lens in which incident light rays are deflected by refraction, but the present invention is not limited to this. Each group may be formed by, for example, a diffraction type lens in which incident light rays are deflected by diffraction, a refraction/diffraction hybrid type lens in which incident light rays are deflected by a combination of a diffracting action and a refracting action, a refractive-index distribution type lens, and so on.

[0036]

[Examples] By illustrating construction data, aberration diagrams, and so on, a more concrete description will be hereinafter given of the structure of a zoom lens in which the present invention is embodied. The Examples 1 to 5 illustrated below correspond to the aforementioned first to fifth embodiments, respectively, and the lens arrangement diagrams (Fig. 1 to Fig. 5) showing the first to fifth embodiments illustrate the lens structures of Examples 1 to 5 corresponding thereto.

[0037] In construction data of each example, r_i ($i=1, 2, 3, \dots$) is the curvature radius of the i -th surface counting from the object side, d_i ($i=1, 2, 3, \dots$) is the i -th on-axis surface-to-surface distance counting from the object side, and N_i ($i=1, 2, 3, \dots$) and v_i ($i=1, 2, 3, \dots$) are the refractive index (Nd) and the Abbe number (vd) with respect to the d line of the i -th lens counting from the object side. Additionally, in the construction data, the on-axis surface-to-surface distance changing during zooming is an on-axis air distance between the lens groups at the wide-angle end (short focal length end) [W]~the middle (intermediate focal length state) [M]~the telephoto end (long focal length end) [T]. The focal length f of the entire zoom lens system and FNO. FNO that correspond to each focal length state [W], [M], and [T] are also shown.

[0038] Additionally, the surface in which an * symbol has been given to the curvature radius r_i is a surface formed by an aspherical surface, and let it be supposed that the surface is defined by the aforementioned assumed (AS) that represents the surface shape of the aspherical surface. Aspherical-surface data and corresponding values (wherein y_{max} is the maximum height (maximum effective radius) in the vertical direction with respect to the optical axis of the aspherical surface} of the conditional expression (4) concerning the aspherical surface are shown besides other data, and corresponding values of the other conditional expressions are shown in Table 1.

[0039] Fig. 6 to Fig. 10 are aberration diagrams that correspond to Examples 1 to 5, respectively, wherein [W] is the wide-angle end, [M] is the middle, and [T] is various aberrations at the telephoto end (in order from the left, spherical aberrations etc., astigmatisms, and distortion aberrations) (Y' is the maximum image height). In each aberration diagram, the solid line (d) represents an aberration with respect to the d line, and the broken line (SC) represents a sine condition, whereas the broken line (DM) and the solid line (DS) represent astigmatisms with respect to the d line on the meridional surface and on the sagittal surface, respectively.

[0040]

<<Example 1>>

f=22.5~70.0~126.0

FNO=5.7~7.2~10.2

| [Curvature radius] | [On-axis surface-to-su rface distance] | [Refractive index] | [Abbe number] |
|-----------------------|---|-----------------------|---------------|
|-----------------------|---|-----------------------|---------------|

r1=14.386

| | | |
|----------|------------|----------|
| d1=1.000 | N1=1.84666 | v1=23.82 |
|----------|------------|----------|

r2=11.869

| | | |
|----------|--|--|
| d2=0.100 | | |
|----------|--|--|

r3=12.132

| | | |
|----------|------------|----------|
| d3=2.800 | N2=1.48749 | v2=70.44 |
|----------|------------|----------|

r4=44.822

| | | |
|------------------------|--|--|
| d4=1.200~12.000~15.000 | | |
|------------------------|--|--|

r5*=-50.721

| | | |
|----------|------------|----------|
| d5=0.700 | N3=1.77250 | v3=49.77 |
|----------|------------|----------|

r6=9.305

| | | |
|----------|--|--|
| d6=1.300 | | |
|----------|--|--|

r7=11.191

| | | |
|----------|------------|----------|
| d7=1.500 | N4=1.84666 | v4=23.82 |
|----------|------------|----------|

r8=22.081

d8=6.527~1.919~0.650
r9= ∞ (Å)
d9=0.100
r10=9.648
d10=3.000 N5=1.48749 v5=70.44
r11=-20.116
d11=0.100
r12*=432.945
d12=1.200 N6=1.84666 v6=23.82
r13=26.540
d13=1.000
r14=-44.028
d14=2.500 N7=1.48749 v7=70.44
r15=-9.006
d15=7.748~2.564~0.500
r16*=-19.111
d16=2.400 N8=1.62017 v8=24.01
r17*=-11.238
d17=1.525
r18=-8.061
d18=0.800 N9=1.75450 v9=51.57
r19= ∞
[0041]

[Aspherical surface data concerning the 5th surface (r5)]

$\epsilon=1.0000$

$A_4=-0.74896 \times 10^{-6}$

$A_6=0.49697 \times 10^{-6}$

$A_8=-0.48034 \times 10^{-7}$

$A_{10}=0.14101 \times 10^{-8}$

$A_{12}=-0.15951 \times 10^{-10}$

[0042]

[Aspherical surface data concerning the 12th surface (r12)]

$\epsilon=1.0000$

$A_4=-0.32194 \times 10^{-3}$

$A_6=-0.57420 \times 10^{-6}$

$A_8=-0.91327 \times 10^{-7}$

$A_{10}=-0.30354 \times 10^{-8}$

$A_{12}=0.16114 \times 10^{-9}$

[0043]

[Aspherical surface data concerning the 16th surface (r16)]

$\epsilon=1.0000$

$A_4=0.88130 \times 10^{-4}$

$A_6=0.18653 \times 10^{-5}$

$A_8=0.45085 \times 10^{-7}$

$A_{10}=-0.25756 \times 10^{-8}$

$A_{12}=0.26950 \times 10^{-10}$

[0044]

[Aspherical surface data concerning the 17th surface (r17)]

$\epsilon=1.0000$

$A_4=-0.53907 \times 10^{-4}$

$A_6=0.20838 \times 10^{-5}$

$A_8=-0.76811 \times 10^{-8}$

$A_{10}=-0.56352 \times 10^{-9}$

$A_{12}=-0.64868 \times 10^{-11}$

[0045]

[Corresponding values of the conditional expression (4)
concerning the 12th surface (r12)]

$y=0.1y_{max} \cdots \phi_3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -6.075 \times 10^{-6}$

$y=0.2y_{max} \cdots \phi_3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -4.868 \times 10^{-5}$

$y=0.3y_{max} \cdots \phi_3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -1.649 \times 10^{-4}$

$y=0.4y_{max} \cdots \phi_3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -3.933 \times 10^{-4}$

$y=0.5y_{max} \cdots \phi_3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -7.767 \times 10^{-4}$

$y=0.6y_{max} \cdots \phi_3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -1.366 \times 10^{-3}$

$y=0.7y_{max} \cdots \phi_3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -2.227 \times 10^{-3}$

$y=0.8y_{max} \cdots \phi_3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -3.444 \times 10^{-3}$

$y=0.9y_{max} \cdots \phi_3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -5.112 \times 10^{-3}$

$y=1.0y_{max} \cdots \phi_3 \cdot (N'-N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y)-x_0(y)\} = -7.302 \times 10^{-3}$

[0046]

<<Example 2>>

f=20.5~54.0~97.6

FNO=5.74~6.86~9.0

| [Curvature radius] | [On-axis surface-to-su rface distance] | [Refractive index] | [Abbe number] |
|-----------------------|---|-----------------------|---------------|
|-----------------------|---|-----------------------|---------------|

r1=12.896

| | | |
|----------|------------|----------|
| d1=1.000 | N1=1.84666 | v1=23.82 |
|----------|------------|----------|

r2=10.509

| | | |
|----------|------------|----------|
| d2=2.800 | N2=1.48749 | v2=70.44 |
|----------|------------|----------|

r3=34.748

| | | |
|-----------------------|--|--|
| d3=1.400~8.500~11.000 | | |
|-----------------------|--|--|

r4*=-56.717

| | | |
|----------|------------|----------|
| d4=0.700 | N3=1.77250 | v3=49.77 |
|----------|------------|----------|

r5=7.690

| | | |
|----------|--|--|
| d5=1.300 | | |
|----------|--|--|

r6=10.361

| | | |
|----------|------------|----------|
| d6=1.500 | N4=1.84666 | v4=23.82 |
|----------|------------|----------|

r7=21.555

| | | |
|----------------------|--|--|
| d7=5.502~2.470~1.195 | | |
|----------------------|--|--|

r8=∞ (A)

| | | |
|----------|--|--|
| d8=0.100 | | |
|----------|--|--|

r9=8.355

| | | |
|---|-----------------------|------------|
| d9=3.800 | N5=1.48749 | v5=70.44 |
| r10=-14.886 | | |
| | d10=0.100 | |
| r11*=-74.817 | | |
| | d11=1.100 | N6=1.84666 |
| r12*=37.804 | | v6=23.82 |
| | d12=0.700 | |
| r13=-31.334 | | |
| | d13=2.000 | N7=1.48749 |
| r14=-7.921 | | v7=70.44 |
| | d14=5.884~2.081~0.500 | |
| r15*=-15.477 | | |
| | d15=2.400 | N8=1.62017 |
| r16*=-9.595 | | v8=24.01 |
| | d16=1.404 | |
| r17=-7.241 | | |
| | d17=0.800 | N9=1.75450 |
| r18=∞ | | v9=51.57 |
| [0047] | | |
| [Aspherical surface data concerning the 4th surface (r4)] | | |
| ϵ =1.0000 | | |
| A4=0.16693 $\times 10^{-4}$ | | |
| A6=0.35720 $\times 10^{-6}$ | | |

A8=-0.41690×10⁻⁷

A10=0.11563×10⁻⁸

A12=-0.12786×10⁻¹⁰

[0048]

[Aspherical surface data concerning the 11th surface (r11)]

ε=1.0000

A4=-0.42156×10⁻³

A6=-0.63031×10⁻⁵

A8=-0.22793×10⁻⁷

A10=0.96477×10⁻⁸

A12=-0.29544×10⁻⁹

[0049]

[Aspherical surface data concerning the 12th surface (r12)]

ε=1.0000

A4=0.10408×10⁻³

A6=-0.72583×10⁻⁵

A8=0.43445×10⁻⁶

A10=0.57842×10⁻⁸

A12=-0.50956×10⁻⁹

[0050]

[Aspherical surface data concerning the 15th surface (r15)]

ε=1.0000

A4=0.22465×10⁻³

A6=-0.24264×10⁻⁵

A8=0.28360×10⁻⁶

A10=-0.86591×10⁻⁸

A12=0.96741×10⁻¹⁰

[0051]

[Aspherical surface data concerning the 16th surface (r16)]

$\epsilon=1.0000$

A4=-0.21833×10⁻⁴

A6=0.27031×10⁻⁵

A8=-0.12878×10⁻⁶

A10=0.34322×10⁻⁸

A12=-0.58386×10⁻¹⁰

[0052]

[Corresponding values of the conditional expression (4) concerning the 11th surface (r11)]

y=0.1ymax...φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-9.143×10⁻⁶

y=0.2ymax...φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-7.398×10⁻⁵

y=0.3ymax...φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-2.544×10⁻⁴

y=0.4ymax...φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-6.186×10⁻⁴

y=0.5ymax...φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-1.246×10⁻³

y=0.6ymax...φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-2.227×10⁻³

y=0.7ymax...φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-3.664×10⁻³

y=0.8ymax...φ3·(N'-N)·(d/dy)·{x(y)-x0(y)}=-5.662×10⁻³

$y=0.9y_{\max} \cdot \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -8.349 \times 10^{-3}$
 $y=1.0y_{\max} \cdot \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.193 \times 10^{-2}$
[0053]
<<Example 3>>
f=22.6~70.0~107.2
FNO=5.7~8.87~10.14

| [Curvature radius] | [On-axis surface-to-su rface distance] | [Refractive index] | [Abbe number] |
|-----------------------|---|-----------------------|---------------|
| r1=15.878 | d1=1.000 | N1=1.84666 | v1=23.82 |
| r2=12.635 | d2=2.800 | N2=1.48749 | v2=70.44 |
| r3=62.157 | d3=1.839~11.000~15.000 | | |
| r4=-50.000 | d4=0.700 | N3=1.77250 | v3=49.77 |
| r5=10.024 | d5=1.000 | | |
| r6=11.321 | d6=1.500 | N4=1.84666 | v4=23.82 |
| r7=22.204 | | | |

d7=7.234~2.578~0.800
r8= ∞ (A)
d8=0.500
r9=8.611
d9=2.400 N5=1.48749 v5=70.44
r10=-170.568
d10=0.452
r11*=43.051
d11=1.200 N6=1.84666 v6=23.82
r12=17.783
d12=1.000
r13=-465.925
d13=2.200 N7=1.48749 v7=70.44
r14=-8.683
d14=6.717~1.882~0.500
r15*= -30.177
d15=2.200 N8=1.62017 v8=24.01
r16*= -14.033
d16=1.957
r17=-7.544
d17=0.800 N9=1.77250 v9=49.77
r18= ∞
[0054]

[Aspherical surface data concerning the 11th surface (r11)]

$\epsilon=1.0000$

$A_4=-0.37097 \times 10^{-3}$

$A_6=0.79853 \times 10^{-5}$

$A_8=-0.11445 \times 10^{-5}$

$A_{10}=0.45565 \times 10^{-7}$

$A_{12}=-0.50908 \times 10^{-9}$

[0055]

[Aspherical surface data concerning the 15th surface (r15)]

$\epsilon=1.0000$

$A_4=-0.51565 \times 10^{-4}$

$A_6=-0.24325 \times 10^{-5}$

$A_8=0.35139 \times 10^{-6}$

$A_{10}=-0.79240 \times 10^{-8}$

$A_{12}=0.61680 \times 10^{-10}$

[0056]

[Aspherical surface data concerning the 16th surface (r16)]

$\epsilon=1.0000$

$A_4=-0.27425 \times 10^{-3}$

$A_6=0.22598 \times 10^{-5}$

$A_8=-0.11907 \times 10^{-6}$

$A_{10}=0.52828 \times 10^{-8}$

$A_{12}=-0.79447 \times 10^{-10}$

[0057]

[Corresponding values of the conditional expression (4) concerning the 11th surface (r_{11})]

$$y=0.1y_{\max} \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.208 \times 10^{-6}$$

$$y=0.2y_{\max} \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.330 \times 10^{-5}$$

$$y=0.3y_{\max} \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.108 \times 10^{-4}$$

$$y=0.4y_{\max} \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.590 \times 10^{-4}$$

$$y=0.5y_{\max} \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -5.019 \times 10^{-4}$$

$$y=0.6y_{\max} \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -8.695 \times 10^{-4}$$

$$y=0.7y_{\max} \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.402 \times 10^{-3}$$

$$y=0.8y_{\max} \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.151 \times 10^{-3}$$

$$y=0.9y_{\max} \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.165 \times 10^{-3}$$

$$y=1.0y_{\max} \cdots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.475 \times 10^{-3}$$

[0058]

<<Example 4>>

f=22.6~70.0~107.2

FNO=5.9~9.09~10.16

| [Curvature radius] | [On-axis surface-to-su rface distance] | [Refractive index] | [Abbe number] |
|-----------------------|---|-----------------------|---------------|
|-----------------------|---|-----------------------|---------------|

r1=17.152

d1=1.000 N1=1.84666 v1=23.82

r2=13.750
d2=2.800 N2=1.48749 v2=70.44

r3=79.178
d3=1.200~10.000~15.000

r4=-27.331
d4=0.700 N3=1.77250 v3=49.77

r5=13.864
d5=1.300

r6=15.746
d6=1.500 N4=1.84666 v4=23.82

r7=37.437
d7=7.237~2.219~0.650

r8= ∞ (A)
d8=0.500

r9=9.392
d9=2.800 N5=1.48749 v5=70.44

r10=-158.267
d10=1.200 N6=1.84666 v6=23.82

r11=35.282
d11=1.000

r12=14.999
d12=2.400 N7=1.48749 v7=70.44

r13*=-18.446

d13=6.499~1.953~0.500

r14*=-32.932

d14=2.200 N8=1.62017 v8=24.01

r15*=-16.032

d15=2.364

r16=-7.404

d16=0.800 N9=1.75450 v9=51.57

r17= ∞

[0059]

[Aspherical surface data concerning the 13th surface (r13)]

$\epsilon=1.0000$

A4=0.38266 $\times 10^{-3}$

A6=-0.47417 $\times 10^{-6}$

A8=0.79075 $\times 10^{-7}$

A10=0.12182 $\times 10^{-7}$

A12=-0.48378 $\times 10^{-9}$

[0060]

[Aspherical surface data concerning the 14th surface (r14)]

$\epsilon=1.0000$

A4=0.60586 $\times 10^{-4}$

A6=0.32878 $\times 10^{-5}$

A8=0.21370 $\times 10^{-6}$

A10=-0.27707 $\times 10^{-8}$

$A_{12}=0.37140 \times 10^{-10}$

[0061]

[Aspherical surface data concerning the 15th surface (r15)]

$\epsilon=1.0000$

$A_4=-0.15852 \times 10^{-3}$

$A_6=0.63471 \times 10^{-5}$

$A_8=-0.49496 \times 10^{-7}$

$A_{10}=0.15748 \times 10^{-8}$

$A_{12}=0.41834 \times 10^{-10}$

[0062]

<<Example 5>>

$f=22.6 \sim 70.0 \sim 126.0$

FNO=5.6~7.39~10.06

| [Curvature radius] | [On-axis surface-to-su rface distance] | [Refractive index] | [Abbe number] |
|-----------------------|---|-----------------------|---------------|
|-----------------------|---|-----------------------|---------------|

$r_1=15.506$

$d_1=1.000 \quad N_1=1.84666 \quad v_1=23.82$

$r_2=12.745$

$d_2=2.800 \quad N_2=1.48749 \quad v_2=70.44$

$r_3=51.354$

$d_3=1.200 \sim 11.131 \sim 15.000$

r4*=-60.847
d4=0.700 N3=1.77250 v3=49.77

r5=10.002
d5=1.300

r6=11.811
d6=1.500 N4=1.84666 v4=23.82

r7=21.590
d7=7.325~2.590~0.650

r8= ∞ (A)
d8=0.100

r9=8.665
d9=3.200 N5=1.48749 v5=70.44

r10=-73.554
d10=0.100

r11*=22.821
d11=1.200 N6=1.84666 v6=23.82

r12=12.872
d12=0.700

r13=125.081
d13=2.500 N7=1.48749 v7=70.44

r14=-10.135
d14=7.625~2.429~0.500

r15*=-14.652

d15=2.400 N8=1.62017 v8=24.01

r16*=-9.400

d16=1.050

r17=-8.081

d17=0.800 N9=1.75450 v9=51.57

r18==

[0063]

[Aspherical surface data concerning the 4th surface (r4)]

$\epsilon=1.0000$

A4=-0.10016 $\times 10^{-4}$

A6=0.93649 $\times 10^{-6}$

A8=-0.10184 $\times 10^{-6}$

A10=0.35610 $\times 10^{-8}$

A12=-0.43629 $\times 10^{-10}$

[0064]

[Aspherical surface data concerning the 11th surface (r11)]

$\epsilon=1.0000$

A4=-0.29197 $\times 10^{-3}$

A6=0.43934 $\times 10^{-5}$

A8=-0.56811 $\times 10^{-6}$

A10=0.20291 $\times 10^{-7}$

A12=-0.30358 $\times 10^{-9}$

[0065]

[Aspherical surface data concerning the 15th surface (r15)]

$\epsilon=1.0000$

$A_4=0.12431 \times 10^{-3}$

$A_6=-0.38740 \times 10^{-5}$

$A_8=0.31104 \times 10^{-6}$

$A_{10}=-0.54294 \times 10^{-8}$

$A_{12}=0.18213 \times 10^{-10}$

[0066]

[Aspherical surface data concerning the 16th surface (r16)]

$\epsilon=1.0000$

$A_4=-0.19989 \times 10^{-4}$

$A_6=0.20627 \times 10^{-5}$

$A_8=-0.88349 \times 10^{-7}$

$A_{10}=0.48446 \times 10^{-8}$

$A_{12}=0.76850 \times 10^{-10}$

[0067]

[Corresponding values of the conditional expression (4) concerning the 11th surface (r11)]

$y=0.1 y_{max} \cdot \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -6.072 \times 10^{-6}$

$y=0.2 y_{max} \cdot \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.806 \times 10^{-5}$

$y=0.3 y_{max} \cdot \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.601 \times 10^{-4}$

$y=0.4 y_{max} \cdot \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.758 \times 10^{-4}$

$y=0.5 y_{max} \cdot \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -7.339 \times 10^{-4}$

$y=0.6y_{max} \dots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -1.286 \times 10^{-3}$
 $y=0.7y_{max} \dots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -2.104 \times 10^{-3}$
 $y=0.8y_{max} \dots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -3.277 \times 10^{-3}$
 $y=0.9y_{max} \dots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -4.918 \times 10^{-3}$
 $y=1.0y_{max} \dots \phi_3 \cdot (N' - N) \cdot (d/dy) \cdot \{x(y) - x_0(y)\} = -7.176 \times 10^{-3}$

[0068]

[Table 1]

<<Corresponding values of conditional expression>>

| | Conditional expression (1): $f_T \times f_2 / f_W^2$ | Conditional expression (2): $(\beta_4 T / \beta_4 W) / (\beta_2 T / \beta_2 W)$ | Conditional expression (3): $\beta_4 T / \beta_4 W$ |
|-----------|--|--|---|
| Example 1 | -4.379 | 1.811 | 3.350 |
| Example 2 | -3.505 | 2.077 | 3.124 |
| Example 3 | -3.958 | 1.592 | 2.907 |
| Example 4 | -4.189 | 1.582 | 2.926 |
| Example 5 | -4.593 | 1.793 | 3.333 |

[0069]

[Effects of the Invention] As described above, according to the present invention, it is possible to realize a small-sized, high power zoom lens that has a zoom ratio of about 4.5 to 6.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] Lens arrangement diagram of the first embodiment
(Example 1).

[Fig. 2] Lens arrangement diagram of the second embodiment
(Example 2).

[Fig. 3] Lens arrangement diagram of the third embodiment
(Example 3).

[Fig. 4] Lens arrangement diagram of the fourth embodiment
(Example 4).

[Fig. 5] Lens arrangement diagram of the fifth embodiment
(Example 5).

[Fig. 6] Aberration diagram of Example 1.

[Fig. 7] Aberration diagram of Example 2.

[Fig. 8] Aberration diagram of Example 3.

[Fig. 9] Aberration diagram of Example 4.

[Fig. 10] Aberration diagram of Example 5.

[Description of Symbols]

Gr1...First lens group

Gr2...Second lens group

A...Diaphragm

Gr3...Third lens group

Gr4...Fourth lens group

Fig.1

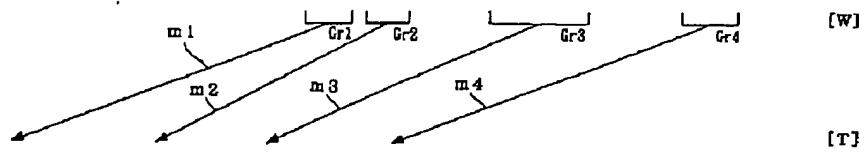
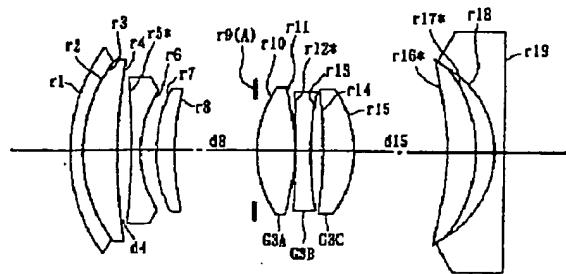


Fig.2

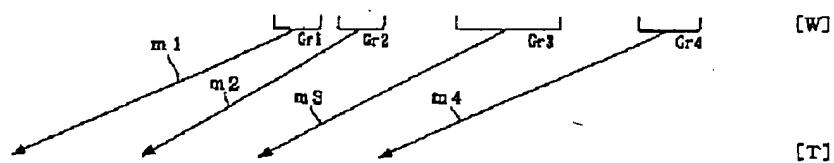
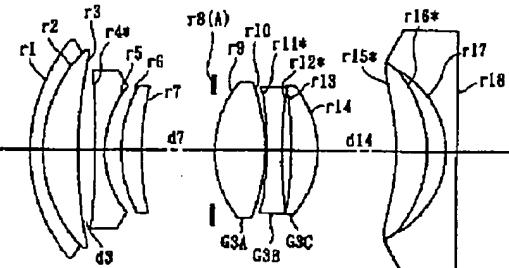


Fig.3

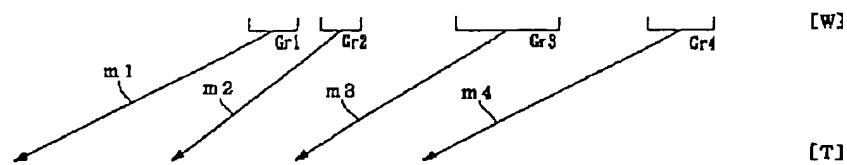
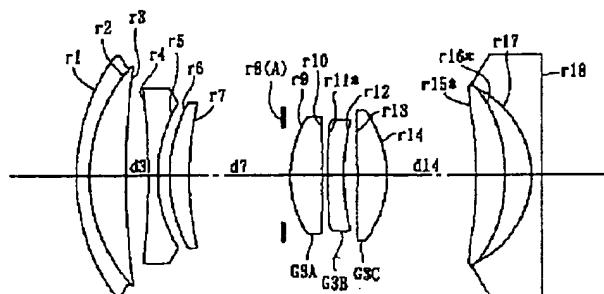


Fig.4

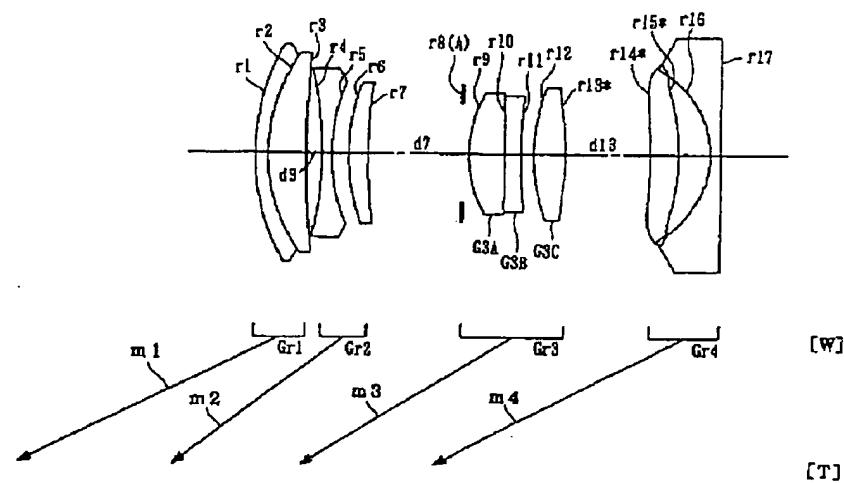


Fig.5

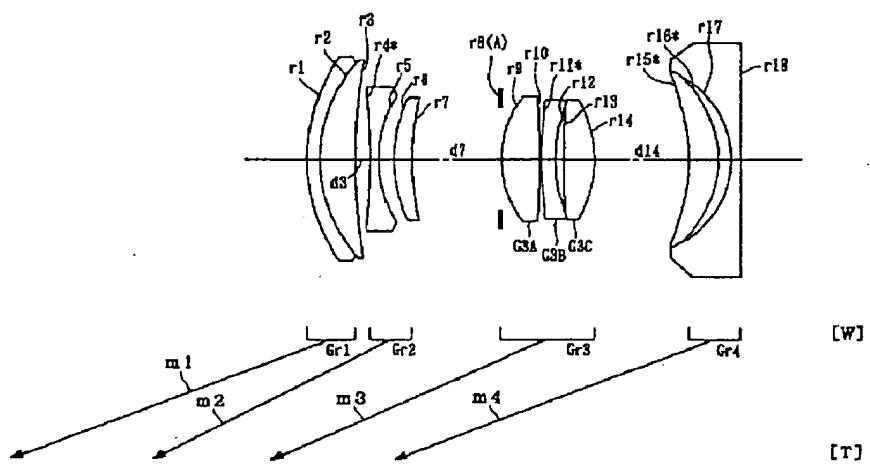


Fig.6

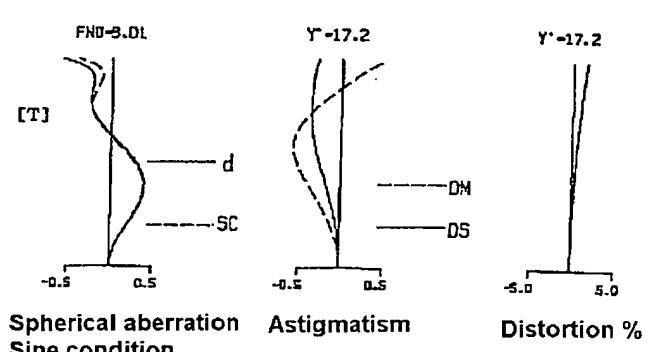
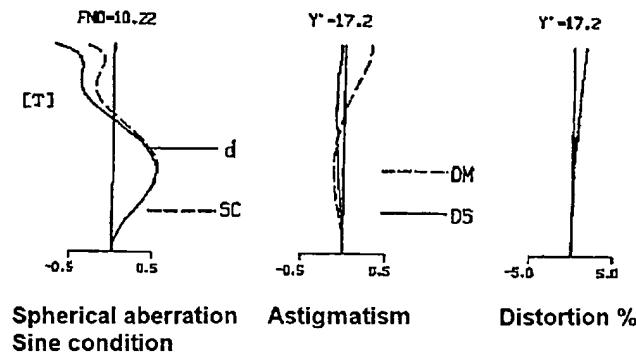
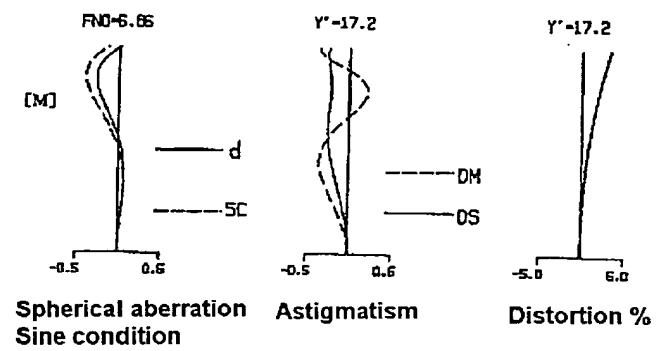
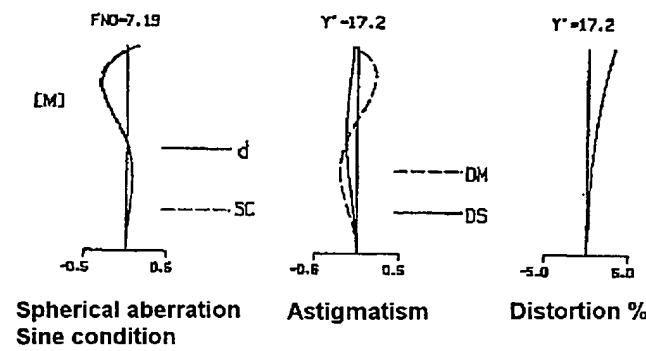
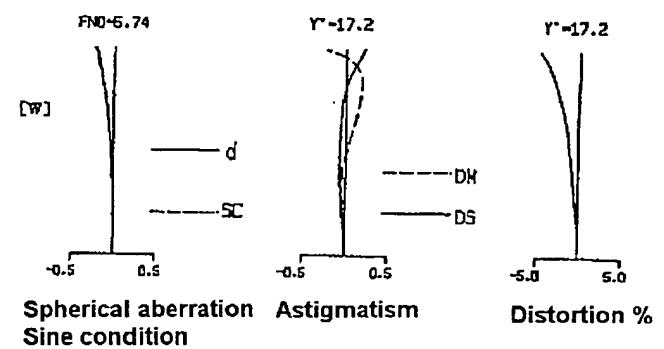
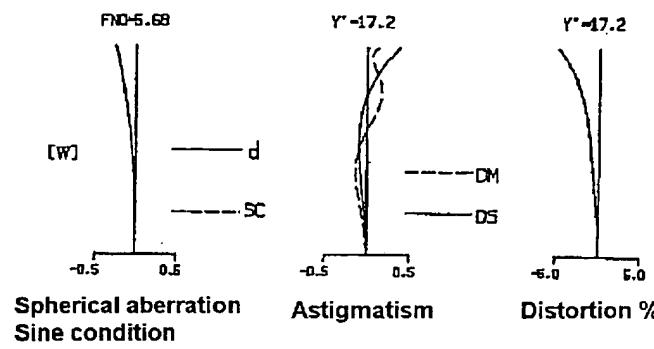


Fig.7

Fig.8

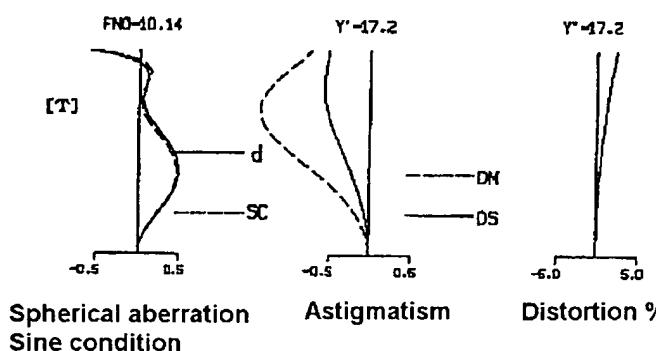
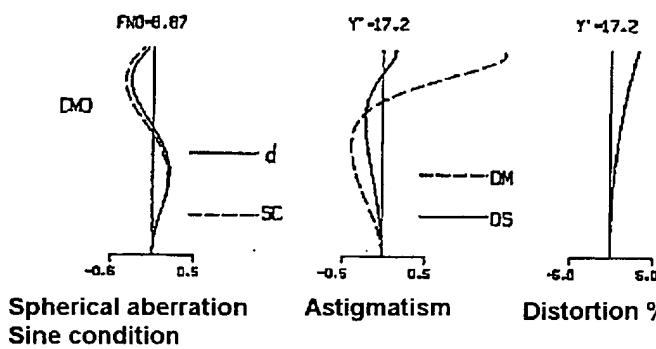
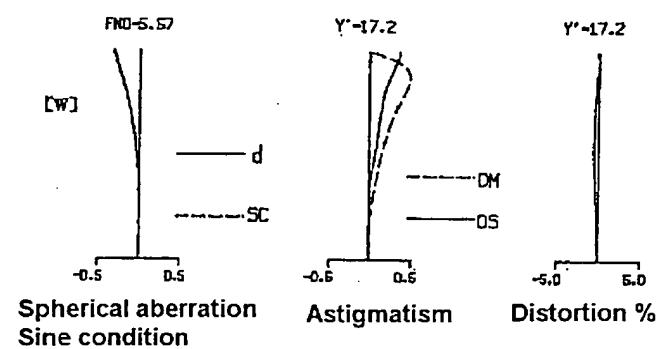


Fig.9

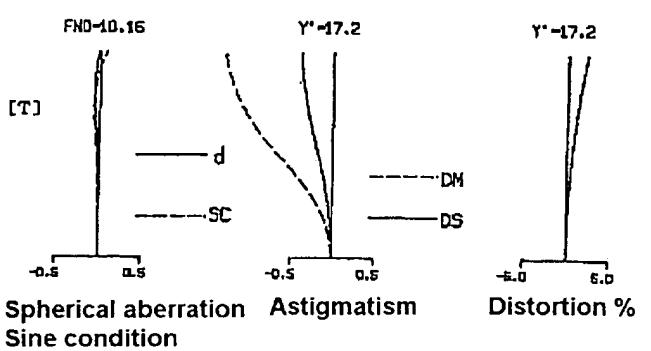
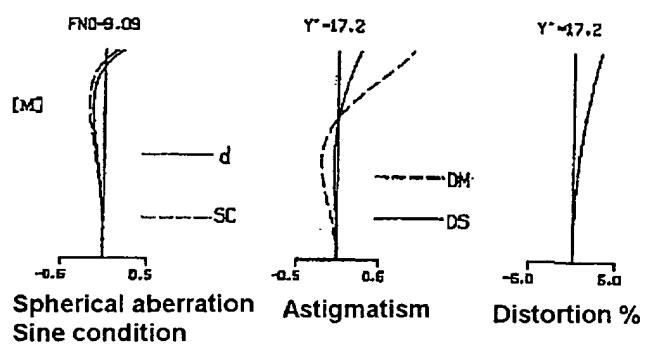
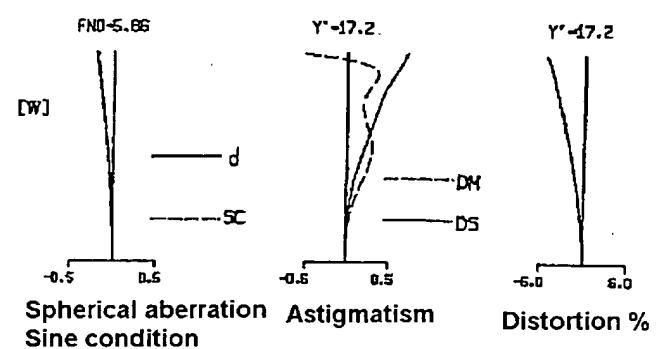


Fig.10

